

THÈSE DE
PARIS.
1889
N^o. 15.

SÉRIE A, N^o 127.

N^o D'ORDRE

672

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

MADemoiselle FANNY BIGNON

PROFESSEUR A L'ÉCOLE SOPHIE GERMAIN

SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ ZOOLOGIQUE DE FRANCE

1^{re} THÈSE. — CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA PNEUMATICITÉ
CHEZ LES OISEAUX.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 21 Novembre 1889, devant la Commission d'examen.

MM. HÉBERT..... *Président.*

DELAGE.....

G. BONNIER.....

} *Examineurs.*

LILLE

IMPRIMERIE DE LA SOCIÉTÉ ZOOLOGIQUE DE FRANCE

LE BIGOT Frères, 9-11, rue Nicolas-Leblanc.

1889

SÉRIE A, N° 127.

N° D'ORDRE

672

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

MADemoiselle FANNY BIGNON

PROFESSEUR A L'ÉCOLE SOPHIE GERMAIN

SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ ZOOLOGIQUE DE FRANCE

1^{re} THÈSE. — CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA PNEUMATICITÉ
CHEZ LES OISEAUX.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le Novembre 1889, devant la Commission d'examen.

MM. HÉBERT..... *Président.*

DELAGÉ.....
G. BONNIER..... } *Examineurs.*

LILLE

IMPRIMERIE DE LA SOCIÉTÉ ZOOLOGIQUE DE FRANCE

LE BIGOT Frères, 9-11, rue Nicolas-Leblanc.

1889

ACADÉMIE DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

MM.

Doyen.....	HÉBERT, Professeur.....	Géologie.
Professeurs honoraires	PASTEUR.	
	DUCHARTRE	Botanique.
	DE LACAZE-DUTHIERS.	Zoologie, Anatomie. Physiologie com- parée.
	HERMITE	Algèbre supérieure,
	TROOST	Chimie.
	FRIEDEL	Chimie organique.
	O. BONNET	Astronomie.
	DARBOUX	Géométrie.
	TISSERAND	Astronomie.
	LIPPMANN	Physique.
Professeurs.....	HAUTEFEUILLE	Minéralogie.
	BOUTY	Mécanique ration- nelle.
	APPELL	Physique.
	DUCLAUX	Chimie biologique.
	BOUSSINESQ.....	Mécanique physique et expérimentale.
	PICARD	Calcul différentiel et calcul intégral.
	POINCARÉ	Calcul des probabi- lités, Physique, mathématiques.
	Y. DELAGE.....	Zoologie, Anatomie, Physiologie com- parée.
	BONNIER	Botanique.
	DASTRE	Physiologie.
Professeurs adjoints...	DITTE	Chimie.
	WOLF	Physique céleste.
	J. CHATIN	Zoologie, Anatomie, Physiologie com- parée.
	JOLY	Chimie.
Secrétaire	PHILIPPON.	

A MA MÈRE



CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA PNEUMATICITÉ

CHEZ LES OISEAUX

INTRODUCTION

Dans ses *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparées de l'Homme et des animaux*, M. A. Milne-Edwards décrit chez les Oiseaux neuf sacs aériens communiquant les uns avec les poumons seulement, les autres, d'une part avec les poumons, d'autre part avec les os pneumatiques du tronc et des membres. Il les divise en : 1^o réservoirs antérieurs comprenant : le sac claviculaire et les deux cervicaux ; 2^o réservoirs moyens, comprenant les sacs diaphragmatiques antérieurs et les diaphragmatiques postérieurs et 3^o réservoirs postérieurs ou sacs abdominaux.

Les antérieurs et les postérieurs donnent naissance à des prolongements qui conduisent l'air dans les os des membres et du tronc, lesquels sont plus ou moins aérifères suivant les espèces d'Oiseaux. Ainsi, chez l'Autruche qui ne vole pas, l'humérus n'est pas pneumatique, tandis que le fémur l'est. Chez les grands voiliers, tels que les Oiseaux de proie diurnes, beaucoup d'Echassiers et de Palmipèdes, l'os de la cuisse, ainsi que celui du bras, est rempli d'air, et chez le Pélican, la Frégate, le Fou, on en a trouvé dans toutes les parties du squelette, si ce n'est dans les phalanges des pattes ; mais chez le Calao, ce fluide pénètre même dans ces dernier os.

« Chez les Oiseaux nageurs qui volent peu ou point, et qui sont mal conformés pour la marche, les os ressemblent au contraire beaucoup à ceux des vertébrés des autres classes, et il est à noter que chez les Pingouins aucun de ces organes ne communique avec l'appareil respiratoire. »

Sous une forme dubitative, M. Milne-Edwards ajoute que l'air pénétrerait par d'autres ouvertures des réservoirs pneumatiques dans le tissu cellulaire sous-cutané, et il émet l'opinion que, chez les Oiseaux où cette relation a été observée (Fou, Pélican, etc.), elle pouvait être l'effet d'un état pathologique.

Enfin, l'air des cavités des os de la tête pénétrerait soit par les fosses nasales, soit par la trompe d'Eustache et la cavité du tympan.

Cette description ne nous a pas paru complète, surtout en ce qui concerne la région cervico-céphalique. Depuis la publication du bel ouvrage classique de M. A. Milne-Edwards, d'autres cellules ont été découvertes dans cette région, chez quelques Oiseaux, mais leurs relations n'ont pas été nettement établies et la présence de ces cellules a pu être considérée comme un caractère exceptionnel. C'est pourquoi nous avons voulu faire un travail d'ensemble, portant sur un grand nombre d'Oiseaux d'espèces diverses; nous nous sommes efforcée de rechercher ces cellules ou leur rudiment, d'étudier leurs rapports avec le squelette, avec le tissu cellulaire et avec le système pneumatique général.

C'est le résultat de ces recherches que nous allons exposer, après avoir retracé l'historique des découvertes relatives à l'appareil respiratoire des Oiseaux.

Ce travail a été fait au laboratoire d'anatomie du Muséum d'histoire naturelle, et nous devons à la libéralité de M. le professeur Pouchet d'avoir pu consulter ses précieuses collections. Nous lui en adressons ici nos remerciements, ainsi qu'à M. le Dr Beauregard et à M. Boulart qui ont été pour nous des guides précieux, par leur bienveillance et leurs excellents conseils. Enfin nous remercions M. Visto de l'infatigable obligeance qu'il a mise à nous procurer les pièces qui nous étaient nécessaires.

HISTORIQUE

Aristote assimilait l'appareil respiratoire des Oiseaux à celui des Mammifères, et sur ce point, comme sur bien d'autres, ses opinions ont eu force de loi pendant des siècles.

En 1573, Coitier (1) reconnut l'adhérence du poumon à la cage thoracique, l'absence de plèvre et l'existence de deux diaphragmes. Il aperçut les sacs aériens mais les prit pour une sereuse particulière remplie d'air.

En 1651, Harvey (2), dans son ouvrage sur la génération, caractérisa en passant la respiration des Oiseaux et signala chez l'Autruche la présence des sacs thoraciques et des sacs abdominaux, indiqua leurs orifices et compara ces cellules à la portion membraneuse des poumons des Ophidiens.

Quelques années plus tard, 1666, Perrault s'attacha d'une manière toute spéciale à l'étude de la respiration chez les Oiseaux. Son travail porta sur huit Autruches, quatre Casoars et plusieurs Aigles; il décrivit chez l'Autruche cinq cellules aériennes, dont trois antérieures et deux postérieures, et signala l'antagonisme des cellules thoraciques et des cellules abdominales. Toutefois l'existence de réservoirs aériens ne fut pas dès lors considérée comme générale dans la classe des Oiseaux.

En 1698, Méry, (3) démontra la communication du tissu cellulaire du Pélican avec l'appareil respiratoire, mais l'exactitude de ses expériences fut mise en doute jusqu'en 1865, époque à laquelle M. Alphonse Milne-Edwards la démontra par des expériences très concluantes, que nous relatons plus loin.

Méry avait confirmé en 1672 les assertions de Perrault (4) en étudiant l'anatomie de l'Aigle, de la Pintade et de l'Autruche. Il

(1) *Externarum et internarum principalium humani corporis partium tabulae*. Nornberg, 1573. p. 13.

(2) *Exercitat. de generatione animalium*. Amst., 1651.

(3) *Mémoire sur le Pélican*.

(4) *Mém. de l'Acad. des Sc.*, X, p. 432, 1666-99.

supposa que le rôle des cellules aériennes était de faciliter la digestion en mêlant les aliments.

Il crut à tort que l'air pénétrait par les réservoirs aériens jusque dans le péricarde, et cette erreur fut étendue plus tard par Cuvier à toutes les séreuses qu'il appelait les *cellules pleines* par opposition aux sacs pneumatiques qu'il nommait *cellules vides*. Cette opinion fut réfutée par Colas en 1823.

En 1771, Camper (1) constata la pneumaticité des os des membres chez l'Aigle, en insufflant l'appareil respiratoire par l'humérus et le système osseux par la trachée.

L'année suivante, Hunter (2) lut devant la Société Royale de Londres un important mémoire sur les réservoirs aériens. Ses recherches qui embrassent tout l'appareil respiratoire des Oiseaux sont très incomplètes et les résultats ont un caractère de généralité très vague. Il émet diverses hypothèses sur l'action des réservoirs aériens qui diminuent le poids spécifique de l'Oiseau et peuvent être utiles au mécanisme de l'effort.

En 1784, Merrem (3) s'attacha à décrire les sacs aériens, qui jusqu'alors avaient été indiqués seulement; mais ses descriptions sont obscures et manquent d'exactitude.

Un an plus tard, Michel Girard (4), dans une lettre adressée à Malacarne et publiée dans les Mémoires de la Société de Vérone fit connaître le résultat de ses belles observations sur la respiration des Oiseaux. Elles portaient sur le larynx inférieur, les poumons, le diaphragme et les sacs aériens. La description qu'il donne de ces derniers est plus claire que celle de Merrem, il admet sept cellules et indique leurs orifices de communication avec l'appareil pulmonaire; enfin il démontre leur antagonisme. Il leur attribue un double rôle :

1° De diminuer le poids spécifique du corps;

2° De donner plus d'intensité à la voix. Il supposait que l'air pénétrait des os jusque dans les plumes; et Malacarne, dans sa réponse à Girardi accepte cette hypothèse comme un fait démontré.

En 1802, Albers (5) répéta les expériences de Hunter en les variant et en les multipliant.

(1) Camper. Mém. des savants étrangers, VII, p. 326, 1776.

(2) Œuvres complètes de Jonh Hunter, trad. par Bachelot, IV. p. 251.

(3) *Ueber die Luftwerkzeuge der Vögel*. Leipziger Magazin, 1783. Voir aussi Schneider's Verm. Abhandl. zur Aufklärung der Zool. Berlin, p. 325-328, 1784.

(4) M. Girardi, *Saggio di osservazioni anatomiche intorno agli organi della respirazione degli ucelli*. Memorie di Verona, II, parte 2, p. 732.

(5) J. A. Albers, *Versuche über das Athemholen der Vögel*. Beiträge zur Anat. und Phys. der Thiere. Bremen, p. 107, 1802.

En 1804, Schneider (1) étudia les communications du squelette avec l'appareil respiratoire ; ses recherches très incomplètes confirment simplement celles de Camper. Il eut aussi comme Méry et Hunter l'occasion de disséquer un Pélican, et d'observer la présence de l'air dans le tissu cellulaire ; « en sorte que, dit Sappey, tous les auteurs qui ont eu l'occasion d'étudier cet Oiseau signalent le même fait ; mais tous le mentionnent dans des termes qui soulèvent le doute ; leur témoignage unanime est donc la seule preuve sérieuse qu'on puisse citer jusqu'à présent (1847) en faveur de cette disposition exceptionnelle.

En 1811, Nitzsch (2) décrivit les orifices pneumatiques des os et montra que la caisse du tympan communique avec les cellules de la mâchoire inférieure au moyen d'un canal qu'il appela *siphonium*.

Cette communication avait été entrevue par Hunter.

En 1831, Owen (3) lut à la Société Zoologique de Londres, une note sur les cellules aériennes du Fou de Bassan. Ayant étudié celles qui sont en communication avec le poumon, il remarqua les muscles qui s'étendent sur le sac claviculaire et leur attribue la fonction d'exprimer rapidement l'air quand l'Oiseau veut fondre sur sa proie.

Quatre ans après, le même auteur publia une note sur le *Pelecanus rufescens* (4), dans laquelle il constatait que tout le tissu cellulaire de cet Oiseau, même celui de l'extrémité des ailes et de la partie charnue des pattes peut s'insuffler par la trachée. Il a observé aussi la grande pneumaticité des os chez cette espèce. Ignorant sans doute les travaux de Nitzsch, il voulut vérifier l'assertion de Hunter sur la communication de la caisse du tympan et de la mâchoire inférieure, mais il ne réussit pas à insuffler la trompe d'Eustache par la mâchoire inférieure et gonfla, dit-il, une série de cellules situées sous le gosier, sous le cou et au dessus de la fourchette. La dissection lui permit de voir une petite cellule entourant la mâchoire et l'os carré et il supposa qu'elle recevait l'air des poumons par l'intermédiaire des précédentes et le transmettait à la mâchoire inférieure.

Dans une note publiée plus tard sur le *Buceros cavatus*, Owen (5)

(1) Schneider, *Vermischte Abhandl.* Berlin, p. 137-160, 1804.

(2) Nitzsch, *Osteographische Beiträge zur Naturgeschichte der Vögel.* Leipzig, 1811.

(3) R. Owen, *Proceed of the zool. Soc.*, part I, 1830-31.

(4) R. Owen, *Proceed. of the zool. Soc.*, part III, 1835.

(5) R. Owen, *On the Anatomy of the Concave Hornbill (Buceros cavatus)*. Trans. of the zool. Soc. of London., I, p. 117, 1835.

nota la communication des cellules cervicales du Calao avec le système pneumatique du crâne par l'intermédiaire d'autres cellules dont il ne donne pas la description. « A la partie supérieure du cou, dit-il, les cellules aériennes cervicales communiquent avec d'autres, en partie, placées au-dessus de l'articulation de la mâchoire inférieure, se continuant dans l'intérieur de cet os et s'étendant aussi en arrière de l'occiput pour communiquer avec le crâne et les cellules de la mâchoire supérieure.

Enfin, dans son mémoire sur l'Apteryx (1), le même auteur signala la présence de petites cellules interposées entre le poumon et la paroi thoracique.

En 1836 (2), Jacquemin avait fait à l'Académie une communication au sujet de la pneumaticité du crâne chez les Oiseaux, disant que l'air y pénètre par quatre passages :

1° Par un groupe de trous situé à la partie supérieure du tympan ;

2° Par un groupe de trous situé dans la partie inférieure de la cavité du tympan ;

3° Par le trou de Galvani, placé dans la paroi postérieure du vestibule ;

4° Par le *siphonium*, qui conduirait l'air non-seulement dans la mâchoire inférieure, mais encore dans des cellules placées entre les muscles de l'articulation de la mâchoire inférieure, le long du muscle ptérygoïdien interne, de l'os jugal et jusqu'à l'apophyse jugale du maxillaire supérieur dans lequel l'air pénétrerait par des trous de la face inférieure ; de là, ce fluide s'avancerait jusque dans l'intermaxillaire. Le lacrymal recevrait l'air de l'ethmoïde, etc.

Quelquefois, dit Jacquemin, l'air amené par le *siphonium* vers la mâchoire inférieure pénètre aussi dans les cellules entre les muscles qui recouvrent cette mâchoire et s'avance jusque sous les yeux où il forme une espèce de réservoir aérien que les Oiseaux boursofflent d'air, suivant Scarpa, lorsqu'ils sont en colère. Il paraît probable que chez les Oiseaux où ce réservoir existe, l'os lacrymal, la mâchoire supérieure, et, en général, tous les os qui l'entourent se chargent d'air par son intermédiaire. »

Jacquemin (3) publia la même année une note sur la respiration des Oiseaux où il émet cette hypothèse que « par l'intermédiaire des

(1) *On the Anatomy of the Southern Apteryx*. Trans. of the zool. Soc. of London, II, 1841.

(2) Acad. des sciences, 28 mars et 8 avril 1836.

(3) Ann. des sc. nat., V, p. 231, 1836.

sacs pneumatiques sous-scapulaire et sous-fémoral l'air pénètre aussi dans les cellules sous-cutanées et entre dans le tuyau des plumes développées, sinon directement par ces cellules, du moins par le trou placé à la base des barbules. »

Quelques années plus tard, en 1842, le même auteur (1) publia ses recherches sur le développement de la pneumatité des os chez le Canard :

« A trente-deux jours, dit-il, tandis qu'aucun os du tronc ni des membres ne présente de pneumatité, l'air s'était déjà avancé de la caisse du tympan dans les os du crâne qui sont autour d'elle. »

L'osselet de l'ouïe ne paraissait pas encore pneumatique. A quarante-deux jours, peu de progrès dans la tête ; à soixante et onze jours la mâchoire inférieure est pneumatisée ainsi que les os voisins des narines : ethmoïde, maxillaire supérieur, lacrymal.

« La cause principale de la pneumatité de l'Oiseau, dit Jacquemin, est dans la pression atmosphérique exercée pendant la locomotion sur les tissus perméables qui composent le corps. »

L'air respiratoire entre chez l'Oiseau par les narines, passe par la trachée-artère et arrive dans les poumons. Une petite quantité se sépare du courant principal ; elle traverse la trompe d'Eustache, arrive dans la caisse du tympan et de là se distribue dans le diploé du crâne. »

Nous ne ferons que mentionner le mémoire de Lereboullet (2) publié en 1838 où cet auteur accepte la théorie erronée de Cuvier sur les cellules pleines et les cellules creuses et commet de nombreuses erreurs au sujet de la plèvre et de la structure du poumon, erreurs réfutées par Sappey (3) dans ses *Recherches sur l'appareil respiratoire des Oiseaux*.

Cet auteur décrit l'enveloppe celluleuse des poumons, la disposition des nerfs et des vaisseaux considérés dans leurs rapports avec les conduits aériens, les sacs aériens dont il compléta la description en déterminant leur sphère d'aération, affirmant à ce propos que les sacs aérifères ne se prolongent jamais au-delà de l'humérus ou du fémur.

Il a cherché les rapports qui pouvaient exister entre l'appareil

(1) *Novorum actorum Acad. Cæsaræ Leopoldinæ Carolinæ naturæ curiosorum*. Breslau et Bonn, VII, p. 283, 1842.

(2) Lereboullet, *Recherches sur l'anatomie comparée de l'app. resp. des animaux vertébrés*, p. 94, 1838.

(3) Sappey, *Recherches sur l'appareil respiratoire des Oiseaux*. Paris, 1847.

pulmonaire et les cavités aériennes de la tête et il est arrivé aux conclusions suivantes : (1)

« Dans aucun ordre d'Oiseaux les courants aériens qui partent des réservoirs cervicaux ne communiquent avec ceux qui circulent dans le crâne. Les liquides injectés, soit par la portion aérienne du canal vertébral, soit par les prolongements latéraux du cou ne pénètrent jamais dans les os de cette cavité.

» Pensant que l'injection pénétrerait peut-être plus facilement en la chassant dans un ordre inverse, nous avons perforé les os du crâne; à cette perforation nous avons adapté l'extrémité d'une seringue d'acier remplie de mercure; mais le métal n'est point parvenu dans les prolongements aérifères du cou. De cette double expérience, nous avons dû conclure que les os du crâne n'ont aucune communication avec l'appareil respiratoire. »

Sappey a étudié la structure des réservoirs qu'il trouve constitués par une muqueuse pourvue d'artères et de veines, mais dépourvue de lymphatiques d'une tunique propre très élastique.

En ce qui concerne le rôle des réservoirs pneumatiques, Sappey pense qu'ils contribuent à rendre le vol indépendant de la respiration, et à donner de l'intensité à la voix. Enfin, il démontre comment l'air se renouvelle dans les plumes qui le puisent directement dans l'atmosphère; il y pénètre à l'union de la partie transparente et de la partie opaque.

Au point de vue comparatif cet auteur fait remarquer que « si les réservoirs sont très développés dans les Rapaces diurnes où leur utilité est manifeste, ils conservent des dimensions non moins considérables dans les Passereaux, si inférieurs aux Oiseaux de proie pour la puissance de leur vol. Dans les Gallinacés, dont le vol est si lourd, et dans l'Autruche, Oiseau marcheur par excellence, la capacité des réservoirs aériens diminue un peu; mais cette diminution n'est nullement en rapport avec les différences que ces diverses classes d'Oiseaux nous présentent dans leur aptitude pour le vol. Or, si l'appareil aérostatique produit par ces réservoirs offre un développement à peu près égal dans l'Oiseau qui jouit du privilège d'atteindre en quelques secondes les couches les plus élevées de l'air, et dans celui qui ne peut se détacher de la surface du sol, dans les Oiseaux voyageurs qui émigrent et traversent les mers, et dans ceux qui peuplent nos basses-cours, nous devons admettre que cet appareil, en imprimant aux moindres mouve-

(1) *Recherches sur l'app. resp. des Oiseaux*, p. 33.

ments de l'Oiseau, l'aisance et l'agilité qui le caractérisent, n'exerce sur le vol qu'une influence secondaire. »

L'ouvrage de Sappey fut publié en 1817, mais le résultat des recherches de cet auteur avait été communiqué à l'Académie au commencement de l'année précédente. Deux mois après, un travail de Natalis Guillot (1) vint confirmer l'exactitude de la description des réservoirs aériens donnée par Sappey, mais ces deux auteurs diffèrent en ce qui concerne la structure de ces organes : tandis que Sappey affirme qu'ils ne renferment pas de lymphatiques, Natalis Guillot en a trouvé sur leur paroi un si grand nombre qu'il se demande si ces vaisseaux ne seraient pas « les agents d'une respiration particulière. »

Cet auteur s'est occupé des modifications qu'éprouvent les réservoirs aériens suivant l'âge, le sexe et les mœurs des Oiseaux.

D'après ses études sur les Gallinacés et les Pigeons, les cellules aériennes abdominales lui « ont semblé » plus vastes chez les Coqs âgés que chez ceux de moins d'un an. Elles sont moins étendues « en général » chez la Poule que chez le Coq, ainsi que l'insufflation « semble » le démontrer ; il en est de même des réservoirs thoraciques.

Le plus grand développement des sacs thoraciques lui « a paru » propre aux Oiseaux qui se soutiennent longtemps au milieu de l'air Faucon, Buse, Mouette. Mais il ne lui a « pas paru » en être de même des cellules abdominales ; aussi, ajoute-t-il, « à cet égard on ne doit point généraliser ce qui est relatif aux réservoirs aériens de la poitrine. » Ainsi, les résultats obtenus par Natalis Guillot, au point de vue des variations de volume des sacs, *paraissent* vagues, et les procédés employés par lui *semblent* dépourvus de précision.

Cet auteur a complètement laissé de côté l'étude du rôle des sacs.

En 1875, Campana (2) publia un mémoire sur l'appareil pneumatique pulmonaire chez le Poulet. Il donna une description très détaillée des réservoirs pneumatiques et de leurs prolongements et décrivit d'une manière différente de celle de Sappey les diverticules que les sacs cervicaux envoient entre les vertèbres ; tandis que celui-ci figure un seul canal inter-rachidien impair et médian,

(1) Annales des sc. nat., 1846.

(2) Campana, *Recherches d'anatomie, de physiologie et d'organogénie pour la détermination des lois de la genèse et de l'évolution des espèces animales*, 1^{er} Mém. : *Physiol. de la respiration chez les Oiseaux*. Paris, 1875.

Campana en décrit deux réunis par des branches anastomotiques. Il a soigneusement étudié la pneumatité des os ; d'après lui toutes les vertèbres cervicales sont aérifères, excepté l'atlas et l'axis, et présentent des pertuis de nombre et de situation variables suivant les espèces. Il y a des pertuis supérieurs, moyens, inférieurs ; les premiers au pourtour du canal de la veine vertébrale, les seconds dans la partie moyenne de la vertèbre, et les derniers intra-rachidiens. Les orifices supérieurs se rencontrent dans toutes les vertèbres, les orifices moyens siègent de préférence sur les vertèbres cervicales supérieures et s'étendent plus ou moins sur les vertèbres cervicales moyennes, enfin celles-ci sont le lieu d'élection des orifices intra-rachidiens qui se propagent assez souvent sur les vertèbres limitrophes des groupes extrêmes (inférieur et supérieur).

Les autres vertèbres, les côtes vertébrales inférieures au nombre de cinq ou six paires, parfois la totalité des côtes sont pneumatisées. Il en est de même de la fourchette et des os du membre supérieur, excepté l'humérus (Poulet).

Et il ajoute : « Comme le poumon n'envoie pas d'air aux os, soit du crâne, soit de la face chez le Coq domestique, ils ne rentrent pas dans mon sujet. » Et plus loin :

« Nous éliminons le pneumatisme qui est sous la dépendance de la trompe d'Eustache et qui, par suite, n'est point particulier aux Oiseaux. »

Au point de vue de la structure des sacs, il s'exprime ainsi :

« Le développement embryonnaire des sacs pneumatiques prouve que leur paroi n'a rien de commun avec les séreuses. Il prouve en outre qu'elle est partie intégrante des parois bronchiques. L'examen histologique la montre formée de deux couches, l'une interne épithélio-pavimenteuse simple, l'autre externe de nature conjonctive plus ou moins fibreuse et élastique. »

Enfin au point de vue physiologique, Campana est à peu près d'accord avec Sappey et ne mentionne aucune expérience vraiment nouvelle.

Nous avons indiqué le travail de Campana avant ceux que nous allons citer, bien que ceux-ci soient antérieurs, mais ils ont trait à des espèces particulières d'Oiseaux, tandis que le précédent, bien qu'il étudie un type, le Poulet a un caractère de généralité tel qu'il nous semblait plus intéressant de le rapprocher du mémoire de Sappey.

Méry, Hunter, Schneider et Owen avaient signalé la pneumatité du tissu cellulaire chez le Pélican, toutefois les conditions

dans lesquelles ils l'avaient constatée laissaient encore des doutes sur l'existence normale de cette pneumaticité. En 1864, M. Alphonse Milne-Edwards (1) pour vérifier ce fait, prit un de ces Oiseaux qui venait de mourir au Muséum, et le maintenant sous l'eau, pratiqua une ouverture à la peau de l'aile; aussitôt il en vit sortir des bulles d'un fluide aériforme, puis insufflant par la trachée, il vit sortir des bulles de plus en plus nombreuses.

D'autres boutonnières furent pratiquées en différents points du corps et l'insufflation démontra la communication de tous ces points avec la trachée. « Il n'y a rien là, dit-il, d'analogue avec les poches pneumatiques dont les poumons sont entourés chez les Oiseaux; c'est dans les mailles d'un tissu cellulaire sous-cutané ordinaire que l'air pénètre, et cela, au moyen de communications analogues à celles qui permettent toujours le passage de l'air de ces poches membraneuses dans l'intérieur des os. »

Les Pélicans sont donc normalement insufflés, comme le sont artificiellement nos animaux de boucherie.

M. Milne-Edwards a comprimé l'Oiseau insufflé par la trachée et en a fait sortir sous l'eau six litres et demi d'air, bien que les poumons et les os ne fussent certainement pas vidés.

Cette masse gazeuse doit permettre à l'Oiseau de flotter sur l'eau sans faire d'effort musculaire, et même de porter un poids considérable sans enfoncer. En effet, ce physiologiste a chargé un Pélican, pesant 4 k. 150, d'un poids de 10 k. 5, sans parvenir à le submerger, tandis que des Oiseaux chez lesquels la pneumaticité est moins développée sont submergés par l'addition d'un poids double du leur. Exemple: un Tantale Ibis pesant 1 k. 800 est submergé par un poids de 1 k. 700, un Canard Milouin du poids de 0 k. 340 est submergé par un poids de 0 k. 500.

M. Milne-Edwards a étudié aussi sous ce rapport la pneumaticité du Fou de Bassan et il a obtenu d'un individu de cette espèce une quantité d'air de trois litres.

Il a retrouvé chez le Kamichi le tissu cellulaire des pattes pneumatisé et donnant la même crépitation que celui du Pélican sur toute la surface du corps.

Ces intéressantes observations confirment les assertions de Méry, de Hunter, de Schneider et d'Owen citées plus haut.

En 1867 (2), le même auteur a étendu ses expériences au Marabout

(1) Alph. Milne-Edwards, *Observations sur l'appareil respiratoire de quelques Oiseaux*. Ann. des sc. nat., Zool., III, 1865.

(2) Alph. Milne-Edwards, *Note additionnelle sur l'appareil respiratoire de quelques Oiseaux*. Ann. des sc. nat., VII, 1867.

et il a constaté qu'en insufflant les poumons de cet Oiseau par la trachée, on gonfle d'abord de grands réservoirs situés à la base du cou du côté dorsal, et qu'on produit de la sorte le gonflement d'une espèce de sac cutané, sur lequel l'Oiseau repose son crâne lorsqu'il fait rentrer sa tête entre ses épaules. L'air se répand ensuite dans le tissu cellulaire du thorax jusqu'aux extrémités des membres.

M. Edwards pense que, chez tous les Oiseaux, les extrémités des membres reçoivent l'air par ce procédé.

A propos de l'Albatros, il ajoute: « J'avais pensé d'abord, qu'en raison de ses mœurs, la disposition de l'appareil respiratoire de cet Oiseau pourrait bien être analogue à celle que nous offre le Pélican et le Fou; mais comme les os du pied et la portion terminale de l'aile ne sont pas pneumatiques chez ce grand Palmipède, il me paraît probable que l'air ne s'introduit pas dans le tissu cellulaire sous-cutané des extrémités et se trouve enfermé dans des sacs membraneux particuliers comme chez la plupart des Oiseaux. »

En 1879, M. Boulart (1) découvrit chez le Marabou deux sacs cervicaux sans communication avec le système pulmonaire et s'insufflant par les fosses nasales, et indiqua quelques années plus tard l'existence (2) des mêmes réservoirs chez le Fou de Bassan, mais sans toutefois en donner une description. Il signale aussi l'existence chez le Calao Rhinocéros de sacs semblablement situés.

La description complète des sacs respiratoires de cet Oiseau fut donnée en 1884 par M. Alph. Milne-Edwards (3); après avoir décrit les sacs à parois bien délimitées, il indique la présence d'un sac placé au devant du cou; « ce grand réservoir médian naît dans l'espace interfurculaire; il est en partie séparé par une membrane du sac claviculaire avec lequel il communique, et il remonte jusqu'au-dessous de la mandibule, se terminant entre les cornes postérieures du larynx supérieur. La trachée est libre dans ce réservoir, mais l'œsophage adhère à sa paroi supérieure. Le muscle cleido-trachéen, après avoir pris ses attaches sur le bord de la fourchette, s'épanouit sur les parois de ce sac, et ne l'abandonne que pour aller se fixer à la partie supérieure de la trachée; il continue un panicule charnu dont les contractions doivent chasser l'air contenu dans cette poche. »

(1) Boulart, *Note sur un système particulier de sacs aériens*. Bull. de la Soc. philomathique, 1879.

(2) Boulart. Journal de l'anat. et de la phys., 1879.

(3) A. Milne-Edwards, *Sur les sacs respiratoires du Buceros Rhinoceros*. Comptes-rendus de l'Acad. des sc., 1884.

« Au-dessus et sur les parties latérales du cou, existe un autre sac incomplètement cloisonné sur la ligne médiane ; il s'étend en avant jusqu'au-dessus du crâne, et c'est par son intermédiaire que l'air pénètre dans les cellules du sac et de la mandibule supérieure. Ce réservoir sous-cutané est indépendant des sacs cervicaux situés au-dessus des vertèbres ; il se continue sur le dos de l'Oiseau et communique avec les sacs alaires. »

Telles sont les découvertes faites sur l'appareil respiratoire des Oiseaux : les poumons et les cavités pneumatiques qui sont en rapport immédiat avec eux ont été depuis assez longtemps complètement décrits et la disposition de ces organes s'est retrouvée dans ses traits généraux chez presque tous les Oiseaux des groupes les plus différents (Gallinacés, Palmipèdes, Echassiers, Coureurs, Rapaces et Passereaux), tandis que le système pneumatique de la tête et ses dépendances n'a été décrit que depuis quelques années et, pour ainsi dire, à titre d'exception, chez un petit nombre d'Oiseaux. Nous espérons montrer dans ce travail que ce système est plus développé et plus généralisé qu'on ne l'a cru jusqu'ici.

Nous appelons sac *cervico-céphalique* la cellule supplémentaire développée dans la région cervicale et communiquant avec le système pneumatique de la tête ; nous réserverons l'ancienne appellation de cellules cervicales pour celles qui font partie du système pneumatique général et ont un orifice pulmonaire ; c'est, du reste, sous ce nom qu'elles sont décrites dans l'ouvrage classique de M. H. Milne-Edwards, et nous croyons préférable de ne pas désigner les autres par le même nom, ainsi qu'on l'a fait jusqu'à ce jour. En les appelant cervico-céphaliques, nous éviterons la confusion et nous indiquerons brièvement leur situation et leurs rapports.

Nous aurions préféré donner le nom de canal tympano-maxillaire au tube membraneux qui met en communication la caisse du tympan avec le maxillaire inférieur : néanmoins, eu égard à la priorité, nous lui avons conservé celui de siphonium, créé par Nitzsch.

PROCÉDÉS

Avant d'exposer les résultats obtenus, nous dirons quelques mots des procédés que nous avons employés dans ces recherches.

Tous ceux qui ont étudié la pneumatité jusqu'à MM. Natalis Guillot et Sappey inclusivement, ont employé l'insufflation.

« C'est le seul procédé, dit Natalis Guillot, qui soit convenable pour préparer avantageusement les organes accessoires de la respiration des Oiseaux, il pourrait peut-être même servir à aider une dessiccation complète, et, par conséquent, à une conservation plus longue des parties; mais cette conservation entraîne trop de soins et de chances fâcheuses. Les membranes distendues s'affaissent ou se déchirent facilement, dès qu'elles perdent leur humidité; il vaut donc mieux étudier immédiatement et dessiner les objets aussi rapidement que possible. »

Malgré la difficulté signalée par cet auteur, M. Sappey est parvenu à faire d'admirables préparations sèches des cellules aériennes du Cygne.

Campana a employé le procédé des injections corrosives; mais la masse à base de résine et de cire vierge ne peut être injectée qu'à une température très élevée, ce qui altère les parois des cellules; en outre sa grande densité et son peu de fluidité s'oppose à sa pénétration dans les nombreux orifices d'un faible diamètre dont le crâne est pourvu.

Nous avons surtout employé l'insufflation pour reconnaître la présence des cellules aériennes; mais ce procédé ne permet pas de laisser assez longtemps distendues les cellules cervico-céphaliques que nous avons surtout en vue d'étudier. En effet, elles sont en communication avec les fosses nasales qu'il est bien difficile de boucher hermétiquement, de sorte qu'à la moindre pression, l'air dont elles sont gonflées s'échappe par les narines externes ou par la fente sphéno-palatine, et leur paroi s'affaisse plus ou moins complètement. Il faut donc les injecter.

Les masses au suif sont cassantes, et rendent la dissection difficile; en outre elles n'ont pas assez de fluidité pour pénétrer dans les

diverticules de petite dimension dont les orifices sont petits, et parfois profondément situés sous les couches musculaires.

D'après les conseils de M. Boulart, nous avons employé une masse composée de la manière suivante :

Gélatine en feuilles	30 gr.
Eau distillée.	150 »
Vermillon, bleu de Prusse ou chromate de plomb.	30 »

On place la gélatine en feuilles dans l'eau distillée et on l'y laisse douze heures environ ; puis on fait dissoudre en chauffant au bain-marie pendant quelques minutes. On ajoute ensuite la matière colorante et on filtre.

Cette masse a été employée à la température de cinquante degrés.

Nous avons essayé l'emploi de matières colorantes solubles, telles que carmin et le bleu soluble, mais les résultats n'ont pas été satisfaisants en raison des diffusions qui s'opèrent.

Nous avons injecté suivant les cas, soit par les narines, soit par la fente sphéno-palatine, soit par un orifice pratiqué dans le sinus sous-oculaire à travers la peau, ou la muqueuse palatine. Il est nécessaire de pousser doucement et d'une manière continue, et de faire sortir l'air des cellules soit en l'aspirant, soit en pressant légèrement de bas en haut, le cou de l'Oiseau étant placé verticalement.

Nous avons opéré sur des animaux, soit frais, soit conservés dans l'alcool. Il est important qu'ils ne soient pas trop avancés, car si la membrane des sacs est altérée, des fuites se produisent et l'injection est manquée. Cet accident se produit souvent dans la région orbitaire qui peut être facilement attaquée par les Insectes, qui se corrompt plus rapidement, ou qui est souvent le siège d'altérations pathologiques.

Pour que l'injection soit complète, il faut opérer avec une pression suffisante ; les accidents que nous venons d'énumérer nuisent en diminuant la pression. Elle est aussi trop faible si on n'a soin de boucher tous les orifices par lesquels la masse pourrait s'échapper : aussi, en injectant par une narine on doit boucher l'autre narine et la fente sphéno-palatine.

Quand la masse est solidifiée il faut se presser de faire la dissection, car la gélatine s'altère au bout de peu de temps ; les liquides du corps de l'Oiseau diffusant à travers les parois des cellules la liquéfient de nouveau, et la dissection devient plus difficile.

On ne peut conserver longtemps les pièces dans l'alcool qui dissout peu à peu l'injection. C'est pourquoi nous n'avons pu garder aucune préparation.

DESCRIPTION DE LA TÊTE DES OISEAUX

La tête des Oiseaux a la forme d'une pyramide quadrangulaire, dont le sommet correspond à l'extrémité du bec.

La face supérieure s'étend au-dessus du trou occipital constitué par quatre os; le sus-occipital, les occipitaux latéraux et le basi-occipital ou occipital basilaire, ces trois derniers formant le *condyle occipital unique*.

Le sus-occipital est limité en haut par une crête arquée souvent très saillante (*Ardea*, *Sula*, *Phalacrocorax*, *Diomedea*, *Otis*, *Buceros*, *Psittacus*, etc.) parfois peu marquée (la plupart des Passereaux, les Rapaces nocturnes, les Coureurs, etc.); cette crête donne insertion aux muscles releveurs de la tête; c'est ce qui explique son développement chez les Oiseaux dont le bec est très volumineux.

Sur la ligne médiane, au-dessus du trou occipital on remarque une saillie, en général plus haute que large, correspondant au cervelet et désignée pour cette raison sous le nom de *protubérance cérébelleuse*. Très peu marquée chez certains Oiseaux (Vautours, Gallinacés), elle présente un développement considérable dans d'autres ordres (Palmipèdes); elle est quelquefois surmontée ou remplacée par une petite crête située sur la ligne médiane (*Ardea*, *Alcedo*, *Ibis*). Il existe souvent de chaque côté de cette protubérance un trou ou *pertuis cérébelleux* plus ou moins grand et, à l'état frais, fermé par une membrane (*Cygnus*, *Ibis*, *Anas casarca*, etc.). Ces pertuis sont représentés par des fossettes chez quelques Oiseaux (*Corvus*, *Lanius*).

Enfin une ligne saillante part de l'extrémité inférieure de la protubérance cérébelleuse, côtoie de chaque côté le trou occipital et descend obliquement vers l'apophyse mastoïde où elle rejoint la crête occipitale supérieure.

En avant du condyle occipital, se trouve une petite fossette ou *fossette sous-condylienne* qui reçoit le corps de l'atlas pendant la flexion extrême de l'atlas sur le cou. De chaque côté se trouvent les *trous pré-condyliens* servant au passage du nerf vague; en dehors de ces trous existe une dépression dont le fond est percé d'orifices pneumatiques, ce sont les *fossettes basilaires latérales*; elles peuvent être plus ou moins rapprochées de la ligne médiane; très éloignées chez les Otidés, les Psittacidés, les Rapaces, elles se rapprochent chez *Sula Bassana*; bien développées chez tous les Oiseaux à crâne très pneumatique, elles le sont beaucoup moins chez les autres (Gallinacés).

Les orifices pneumatiques que présentent ces fossettes sont tantôt uniques (*Diomedea*), tantôt multiples (*Otis*, *Sula*, *Psittacus*).

La région occipitale est généralement limitée par une paire de tubérosités ou de crêtes qui naissent sur le bord interne des fossettes basilaires latérales, et vont parfois se joindre sur la ligne médiane (*Ciconia alba*); ce sont les *crêtes* ou *tubercules basilaires*; ces crêtes se portent quelquefois en dehors vers les apophyses mastoïdes de façon à rejeter en arrière les fossettes, et à grandir beaucoup la région ainsi circonscrite.

La portion basilaire du crâne est formée en arrière par le basi-occipital que nous venons de décrire, et en avant par le sphénoïde basilaire ou basisphénoïde qui projette une sorte d'éperon ou de rostre, le parasphénoïde de Parker; chez la plupart des Oiseaux ce rostre présente de chaque côté une facette articulaire *t*, l'apophyse sphénoïdale latérale (Milne-Edwards) ou basiptérygoïde qui sert à l'articulation des ptérygoïdiens; elles sont remarquablement développées chez *Ketupa* et *Struthio*.

La partie du sphénoïde qui s'étend au-devant des tubérosités basilaires, limitée antérieurement par la crête sphénoïdale transverse forme un triangle, *l'écusson sphénoïdal*.

« Le sphénoïde se relève de chaque côté en une lame considérée comme l'alisphénoïde. Quand il existe des orbito sphénoïdes, ceux-ci se montrent en avant entre les alisphénoïdes. » (1)

Le *trou ovale* se trouve à l'union du basisphénoïde et de l'alisphénoïde; le *trou optique* en avant, entre l'arbito-sphénoïde et l'alisphénoïde. « Rarement les orbito-sphénoïdes sont représentés par une lame osseuse, une simple membrane en tient le plus souvent lieu, et les trous optiques sont plus ou moins complètement confondus. » (2)

« Quoiqu'il en soit, les alisphénoïdes placés dans une direction perpendiculaire au grand axe de la tête concourent à former la lame orbitaire qui limite en avant la cavité crânienne et la sépare des orbites. » La région moyenne du crâne est formée par les pariétaux en haut, latéralement par le squameux ou mastoïdien et le rocher.

Dans cette région se trouve la fosse temporale occupée par les muscles temporaux; limitée en arrière par la *crête occipitale postérieure*, en avant par une crête arquée, la *crête temporale supérieure*. En général le bord supérieur de la fosse temporale se confond avec

(1) Pouchet et Beaugerard, *Traité d'ostéologie comparée*, 1889.

(2) Ibidem.

la crête occipitale supérieure, si ce n'est au-dessus du méat auditif où s'étend une surface triangulaire, le *trigone temporal* dont les dimensions varient beaucoup suivant les espèces.

En avant la fosse temporale est limitée par l'*apophyse post-orbitaire* du frontal qui s'avance vers le quadrato-jugal. Chez certains Oiseaux, cette apophyse se porte en avant et se rapproche de l'extrémité inférieure de l'os lacrymal à laquelle elle s'unit par une membrane ; il en est ainsi chez *Cygnus olor* et chez la plupart des Psittacidés ; chez quelques-uns de ceux-ci les deux os se soudent et forment ainsi un cadre orbitaire complet (*Ara*).

Une autre apophyse que l'on pourrait comparer à l'*apophyse zygomatique* naît parfois de la partie postérieure de la fosse temporale et se dirige en bas et en avant vers l'apophyse post-orbitaire qu'elle rejoint presque. Cette autre apophyse est très développée chez *Otis*, *Psittacus*, *Meleagris*, *Calao*, etc.

La fossette glénoïdale du squameux destinée à recevoir la tête de l'os tympanique se trouve entre la base de cette expansion osseuse et le trou auditif.

En avant et en haut, le crâne des Oiseaux est formé par le frontal dont l'apophyse post-orbitaire est un prolongement. Il présente souvent à sa face supérieure un *sillon sus-orbitaire* qui reçoit la glande nasale. Ce sillon, très profond chez les Palmipèdes, qui ont cette glande très développée, présente des orifices par où passent les vaisseaux de l'orbite qui nourrissent cet organe. (*Diomedea*, *Alca*, etc). Mais chez les Oiseaux dont la glande nasale est peu volumineuse, le sillon est peu marqué, et il manque chez ceux qui l'ont dans l'orbite (Rapaces, Echassiers), etc., ou qui en sont dépourvus.

Le bord antérieur du frontal est rectiligne ; il s'articule avec les os qui forment la voûte du bec : les nasaux et les prémaxillaires ; il y généralement soudure des os, mais chez les Rapaces et surtout chez les Psittacidés, cette articulation constitue une sorte de charnière.

Le nasal est un os fourchu antérieurement ; les branches de la fourche circonscrivent le bord postérieur de la narine.

Les prémaxillaires soudés forment une pièce médiane comprise entre les nasaux et constituent un os à trois branches : l'une médiane, montante, concourt avec la branche interne des nasaux à former le bord supérieur des narines et se prolonge jusqu'au frontal ; les deux autres horizontales forment avec la première un angle plus ou moins ouvert qui limite le bord antérieur des narines ; elles s'unissent aux palatins et aux maxillaires pour former la voûte

palatine ; souvent une cloison osseuse, le *septum nasal*, descend de la branche montante de l'intermaxillaire sur la voûte palatine (Rapaces, Grimpeurs).

Les narines, plus ou moins ouvertes, le sont largement chez les Ratites, les Echassiers ; leur orifice, très réduit chez *Buceros* et *Phalacrocorax*, paraît manquer chez *Sula*. Les narines se prolongent en avant en un sillon nasal qui s'étend parfois jusqu'à l'extrémité du bec (*Diomedea*).

La face présente latéralement l'os lacrymal, qui acquiert chez les Oiseaux un volume considérable ; il est de forme variable ; tantôt, comme chez les Passereaux, c'est une lame verticale renfermée dans l'orbite, dont elle constitue la paroi latérale antérieure ; chez d'autres, comme chez les Rapaces diurnes, et la plupart des Palmipèdes, il a la forme d'un marteau dont le manche dirigé en bas et un peu obliquement en arrière, vient s'appuyer sur le quadrato-jugal ; la masse s'articule avec le frontal et présente un orifice pneumatique.

Inférieurement, la face est constituée par le vomer, os impair et médian qui fait suite au parasphénoïde ; par les os palatins, les ptérygoïdiens, le quadrato-jugal, l'os carré et la mandibule inférieure.

Les os palatins bordent latéralement les ouvertures postérieures des narines, s'appuyant en arrière sur les ptérygoïdiens et le parasphénoïde ; ils forment la partie antérieure et la partie moyenne de la voûte palatine : ils se soudent parfois ensemble (*Anas*, *Cygnus*, *Sula*, *Phalacrocorax*, *Pelecanus*) ; ils sont seulement très rapprochés chez quelques Oiseaux (*Diomedea*) ; mais le plus souvent, ils restent éloignés l'un de l'autre et laissent à découvert le vomer et la partie adjacente du parasphénoïde.

Les palatins sont tantôt étroits et presque styloïformes (Passereaux) tantôt lamelleux, plans et formant de grandes ailes comme chez les Psittacidés, tantôt recourbés en une gouttière longitudinale plus ou moins profonde (*Otis*, *Diomedea*).

Les ptérygoïdiens s'étendent obliquement d'avant en arrière et de dehors en dedans, s'articulent avec les palatins en avant chez presque tous les Carinates, et, en arrière avec l'os carré ou tympanique.

En dehors des ptérygoïdiens et des palatins s'étend un espace triangulaire occupé par les muscles releveurs internes de la mâchoire inférieure et limité en dehors par l'arcade du tympano-jugal, os

long et mince qui s'articule en arrière avec une facette de l'os carré et en avant avec le maxillaire supérieur.

Le maxillaire supérieur donne souvent une apophyse maxillo-palatine qui contribue à la formation de la voûte du palais et du plancher des fosses nasales. Cette apophyse, rudimentaire chez *Meleagris*, développée en une lame épaisse, concave extérieurement chez *Daption*, est renflée en une masse spongieuse très volumineuse chez la plupart des Rapaces nocturnes.

L'os carré ou tympanique présente chez tous les Oiseaux une forme quadrilatère caractéristique, il est incliné légèrement en bas et en dehors. Il s'unit avec le squameux ou mastoïdien par une tête articulaire généralement simple, quelquefois bifurquée (*Buteo*, *Sarcoramphus*). En avant, il offre une apophyse orbitaire qui donne insertion aux muscles tympaniques et ptérygoïdiens. Cette branche qui se dirige vers l'orbite, cloisonne la fosse temporale. L'angle inférieur et externe présente une facette concave qui s'articule avec le quadrato-jugal, en arrière de laquelle se trouve une cavité qui reçoit le condyle de la mâchoire inférieure. L'angle inférieur et interne possède une facette pour l'articulation du ptérygoïdien.

La mandibule inférieure formée de onze os soudés présente la forme d'un V dont les branches sont plus ou moins écartées. L'extrémité articulaire présente une cavité qui reçoit la tête de l'os carré. En arrière, au sommet d'une petite crête saillante (*Phalacrocorax*, *Otis*, etc.) ou au fond d'une dépression (*Diomedea*) se trouvent un ou plusieurs orifices pneumatiques sur lesquels s'adopte un tube osseux ou membraneux, le *siphonium* qui met en communication la caisse du tympan avec la mâchoire inférieure.

CAVITÉS DU CRANE ET DE LA FACE

OREILLE

Le méat auditif s'ouvre en arrière de l'articulation de l'os carré avec le mastoïdien. La cavité tympanique est limitée en haut par le mastoïdien en avant par l'os carré, en bas par un prolongement du sphénoïde qui, sous le nom de basi-temporal, forme de chaque côté une lame mince, étendue horizontalement. Les deux lames se confondent en avant avec le parasphénoïde et enferment dans leur repli les deux trompes d'Eustache qui viennent s'ouvrir ensemble sur la ligne médiane en avant, à l'union des lames et du rostre.

La chaîne des osselets est représentée par un os unique, la columelle.

La caisse du tympan communique avec trois groupes de cellules aérifères placées dans l'épaisseur des os du crâne et avec les cellules de la mâchoire. La pneumatocité du crâne est très développée, surtout chez les Rapaces nocturnes où un vaste sinus, qui s'étend dans le sus-occipital, fait communiquer largement entre elles les deux caisses.

L'un des deux systèmes de cavités débouche par un orifice supérieur en haut de la caisse du tympan et s'étend dans l'occipital.

Le second s'ouvre à la partie postéro-inférieure de la caisse et enveloppe les canaux demi circulaires; le troisième dont l'orifice est à la partie antérieure de la caisse occupe la base du crâne. Les cellules pneumatiques de la mâchoire inférieure sont mises en communication avec la cavité tympanique par le *siphonium* qui s'ouvre latéralement à la partie inférieure de la caisse. Enfin, en avant de cet orifice débouche la trompe d'Eustache.

ORBITES

Les orbites sont de vastes cavités (1) en forme de pyramides tronquées quadrangulaires, plus rarement coniques (Calao). Elles ont pour limite inférieure le rostre sphénoïdal; en haut, les frontaux qui s'écartent en avant et laissent place à la partie plane et horizontale de l'ethmoïde. Le fond de l'orbite est constitué par une lame osseuse, prolongement vertical de l'ethmoïde; c'est la cloison inter-orbitaire qui est tantôt complète (*Corvus*, *Psittacus*, *Ketupa*, *Otis*, *Phalacrocorax* et *Meleagris*), tantôt incomplète et présentant des pertuis en nombre variable, obturés ou non par une membrane (*Ardea*, *Sarcoramphus*, *Buteo*, *Struthio* et tantôt manquant absolument (*Buceros*) de sorte que les deux orbites forment une cavité unique constituée par deux cônes tronqués unis par leur petite base. La paroi latérale postérieure de l'orbite est formée par le post-frontal et l'alisphénoïde. La voûte orbitaire est constituée par le frontal antérieur, tantôt très développé (*Vultur*) tantôt réduit à un simple rebord osseux (*Fratercula*). La paroi latérale antérieure est limitée par l'ethmoïde et le lacrymal qui sont tantôt soudés l'un à l'autre sur toute leur hauteur (*Lanius*), tantôt laissent entre eux un intervalle considérable (*Phalacrocorax*).

(1) Chez l'Aptéryx et le Dinornis, les orbites sont petites et chez ce dernier les fosses nasales s'étendent entre les cavités orbitaires (Owen).

Le plancher orbitaire est formé par les ptérygoïdiens et les palatins qui laissent des intervalles entre eux et le basisphénoïde d'une part, entre eux et le quadrato jugal d'autre part. Enfin la paroi orbitaire externe est constituée par un cadre osseux, généralement incomplet à la partie inférieure (*Gallus*, *Sula*, *Vultur*) mais qui tend à se fermer chez les rapaces nocturnes (*Ketupa*) et certains Palmipèdes (*Cygnus*) par le développement de l'apophyse orbitaire postérieure et du lacrymal qui se dirigent l'un vers l'autre. La soudure de ces deux os complète le cadre orbitaire chez certains Psittacidés (*Ara*).

En haut, à l'union du frontal avec la cloison inter-orbitaire se trouve un sillon qui reçoit le nerf olfactif ; l'extrémité antérieure de ce sillon correspond à un orifice de l'ethmoïde par lequel le nerf pénètre dans les fosses nasales ; il existe chez presque tous les Oiseaux et est très marqué chez les Outardes, l'Oie, les Rapaces ; il manque chez le Pélican et chez quelques autres Oiseaux ; dans ce cas, le nerf olfactif ne traverse pas l'orbite.

À l'union de l'alisphénoïde et du post-frontal se trouve le trou optique, à côté duquel se voient ceux du nerf pathétique, du moteur oculaire commun et du moteur oculaire externe et de l'ophtalmique. Tous ces orifices, distincts chez les Rapaces (*Bubo maximus*, *Vultur*), sont parfois réduits à un plus petit nombre.

FOSSE PRÉ-ORBITAIRE

Entre l'orbite et les fosses nasales se trouve chez les Oiseaux une cavité parfois très spacieuse que nous appellerons fosse pré-orbitaire. Elle est généralement de forme pyramidale triangulaire ; son sommet est dirigé en avant et sa base correspond à la paroi latérale antérieure de l'orbite. Sa face externe est limitée par l'os lacrymal, le maxillaire et le quadrato-jugal entre lesquels s'étend une membrane d'autant plus développée que la fosse pré-orbitaire est plus étendue. Elle l'est considérablement chez *Pelecanus*, *Cygnus*, *Casuaris*, etc., elle est très réduite chez les Rapaces nocturnes et les Psittacidés. Sa face inférieure est limitée par le palatin, sa face interne par les cornets du nez. Du côté de l'orbite la base s'ouvre largement entre le lacrymal et la lame perpendiculaire de l'ethmoïde. Cette cavité nous paraît comparable au sinus maxillaire des Mammifères. Les orifices pneumatiques du lacrymal et des os antérieurs de la face s'y ouvrent. Elle est très spacieuse chez les Ratites, les Rapaces diurnes, la plupart des Palmipèdes ; elle manque chez

Sula Bassana, *Buceros convexus* et elle est très réduite chez les Rapaces nocturnes et les Psittacidés.

FOSSES NASALES

Les fosses nasales situées à la partie antérieure de la face en avant des orbites avec lesquelles elles communiquent par un orifice situé à l'angle interne supérieur de ces cavités, entre l'ethmoïde et le lacrymal, s'étendent au-dessus du palais et s'ouvrent en arrière dans la cavité buccale par une fente plus ou moins longue, la fente sphéno-palatine qui s'ouvre entre les palatins, en avant du rostre.

Les narines antérieures sont reportées plus ou moins en avant du bec ; elles s'ouvrent à la base du bec chez le Calao, à l'extrémité chez l'Aptéryx. Leur orifice est tantôt très large, tantôt à peine visible, et paraît manquer chez certaines espèces de Fous ; néanmoins Schlægel l'aurait découvert chez *Sula alba*.

Le nombre des cornets est de trois paires, mais il est souvent réduit à deux.

Le cornet supérieur est le plus développé chez les Rapaces et chez les Oiseaux d'eau ; le moyen est le plus développé chez les Gallinacés et les Echassiers (Cigogne). Le cornet inférieur qui est très petit chez les Oiseaux précédents, se complique et devient labyrinthisme chez les Passereaux et chez les Casoars. Les Ramphastides se distinguent par l'ossification complète de leurs cornets.

PNEUMATICITÉ DES OS DE LA TÊTE

Chez les Oiseaux, les os du crâne se soudent de très bonne heure ; ils sont en communication avec les voies aériennes et se creusent de cellules nombreuses qui se mettent en rapport avec celles des os voisins ; certains d'entre eux présentent des orifices donnant accès à l'air qui se répand ainsi dans les os soudés aux précédents.

La pneumaticité du crâne n'atteint pas le même degré ni le même développement chez tous les Oiseaux ; chez ceux qui sont privés de la faculté de voler (*Alca impennis*, *Apteryx*), aucun os de la tête n'est aérifère ; « ils gardent pendant toute leur vie les conditions du système osseux de leur jeune âge » (Owen). Toutefois chez les Dinornis, le tissu pneumatique du crâne atteint un développement comparable à celui des Hiboux. Chez les oiseaux où la pneumaticité commence à se développer, elle n'existe qu'à la base du crâne et autour de la caisse du Tympan (*Podiceps*). Chez les Mouettes ; elle gagne la région postérieure du crâne et, en avant,

l'ethmoïde. Chez la plupart des Rapaces, surtout les Nocturnes, les Psittacidés, les Toucans, les Calaos, les Corvidés, la pneumatité s'étend à tous les os du crâne, les cellules sont très vastes, les tables osseuses très écartées, de sorte que le diploé forme une masse spongieuse d'un tissu délicat, comparable à une dentelle et dont l'épaisseur atteint, à la voûte du crâne, de 5 à 7^{mm} chez *Strix Aluco*. L'air peut y pénétrer par les nombreux orifices de la caisse du tympan et par la trompe d'Eustache. « Il peut encore y pénétrer, dit Nitzsch, par la cellule oculaire, et, chez les Oiseaux où l'orifice de la trompe est très petit, et où pourtant le crâne est pneumatique à un haut degré, cette voie est la plus praticable et la principale. » Owen prétend le contraire ; mais il ajoute : « la cellule crânienne sous-oculaire communique cependant avec les voies nasales chez le Foulque, la Poule d'eau, l'Oie et autres Oiseaux d'eau ; les Entozoaires ont accès dans cette cellule (*Monostoma mutabile*). »

Voici, d'après Meckel, la disposition des orifices pneumatiques de la tête des oiseaux :

1^o Les ouvertures aériennes des os soudés du crâne existent dans la partie postérieure de la caisse du tympan.

2^o L'os tympanique reçoit l'air par une ouverture située dans sa région postérieure.

3^o Lorsque le ptérygoïde est aérifère, ce qui est rare, l'orifice est à son extrémité postérieure.

4^o Les maxillaires, les inter-maxillaires et les nasaux qu'unissent des soudures mutuelles, reçoivent l'air de chaque côté, en arrière de leur face inférieure.

5^o Les os lacrymaux ont leurs orifices situés à leur face interne.

6^o Les os palatins, rarement aérifères ont leurs orifices à la face supérieure.

7^o Les os zygomatiques (quadrato-jugaux) sont rarement aérifères.

8^o Les maxillaires inférieurs ont leur orifice situé en arrière, sur l'apophyse interne, il est très petit chez les Gallinacés (Perdrix, Caille).

RÉSERVOIRS PNEUMATIQUES CERVICO-CÉPHALIQUES

RAPACES

Parmi les Rapaces nocturnes, nous avons spécialement étudié :

Athene passerina (1) (Chouette chevêche) ;

Strix flammea (2) (Effraie) ;

Otus vulgaris (3) (Hibou commun) ;

Bubo maximus (4) (Grand Duc).

Et parmi les Rapaces diurnes :

Polybcrus brasiliensis (5) (Caracara) ;

Milvus regalis (6) (Milan royal) ;

Buteo communis (7) (Buse commune) ;

Circus æruginosus (8) (busard des marais) ;

Urubitinga Ghiesbreghti (9) (Urubitinga de Ghiesbreght) ;

Pernus apivorus (10) (Bondrée) ;

Accipiter nisus (Epervier) ;

Astur palumbarius (11) (Autour) ;

Sarcoramphus papa (12) (Vautour papa) ;

Cathartes atratus (13) (Urubu).

Chez *Athene passerina*, en raison de la petitesse de l'orifice des narines, et du peu de profondeur des fosses nasales l'injection a été pratiquée par un orifice fait à la voûte palatine, au-dessous du globe oculaire.

Le sac orbitaire est bien développé ; il entoure presque complètement l'œil et forme à la partie supérieure de l'orbite un cul-de-sac qui se porte d'avant en arrière le long de l'apophyse sus-orbitaire du frontal et s'insère sur cette apophyse. La face interne du sac s'applique sur le globe oculaire, sa face externe est en rapport avec les parois latérales de l'orbite, en avant et en arrière ; inférieurement avec les muscles ptérygoïdiens et la muqueuse palatine. Il communique avec les fosses nasales par un orifice situé dans la paroi latérale antérieure de l'orbite à l'angle supérieur et interne. La fosse pré-orbitaire est rudimentaire, en raison du rapprochement des nasaux et du maxillaire et du volume exceptionnel de ce dernier os qui forme une sorte de cornet.

Le sac orbitaire d'un côté communique avec celui du côté opposé par un large orifice entouré d'un anneau fibreux qui le maintient béant, et qui s'insère au basilaire, au rostre sphénoïdal et au ptérygoïdien.

(1) Cat. d'Anat. Comp. 1886-512 ; (2) 1886-399 ; (3) 1889-37 ; (4) 1886-230 ; (5) 1887-272 ; (6) 1888-831 ; (7) 1888-765 ; (8) 1888-735 ; (9) 1888-638 ; (10) 1888-289 ; (11) 1889-102 ; (12) 1887-336 ; (13) 1889-17.

Ce sac présente un *diverticule sous-maxillaire* qui s'étend au-dessous de l'os maxillaire inférieur et en longe le bord inférieur depuis l'articulation jusqu'à l'union du quart postérieur de cet os avec les trois quarts antérieurs.

Les cellules pneumatiques des os de la tête sont très développées.

Chez *Strix flammea*, le sac orbitaire présente des dispositions à peu près semblables, mais il donne un diverticule déjà plus développé qui s'étend au delà de l'orbite sur la muqueuse palatine. Effilé et recourbé en avant, il se rapproche de son congénère vers la ligne médiane, en arrière de la fente sphéno-palatine; puis il se porte en arrière, formant un renflement qui s'étend sur l'os articulaire, et un petit cul-de-sac qui se porte en dedans et en bas jusqu'au niveau de l'atlas: c'est le premier rudiment de la partie cervicale du sac, que nous verrons se développer et atteindre des proportions considérables chez d'autres Oiseaux. En raison de sa distribution, nous avons donné à ce système de cellules aériennes le nom de cervico-céphalique.

Chez *Otus vulgaris* et *Bubo maximus*, le sac orbitaire donne un diverticule piriforme à sommet antérieur qui s'étend au dessus de la muqueuse palatine et mesure chez le premier 14^{mm} de long sur 4^{mm} dans sa partie la plus large. Comme chez *Strix flammea* le diverticule de droite se rapproche de celui de gauche en avant et s'en écarte en arrière pour atteindre la région cervicale au point où la carotide se divise.

Chez ces Oiseaux la pneumatité du crâne est portée à un haut degré, surtout en arrière dans le sus-occipital qui présente une vaste cavité en rapport avec la caisse du tympan, et en avant où le bec est creusé de cavités qui communiquent avec les fosses nasales par un large orifice.

Ainsi, chez les Rapaces nocturnes, les sacs aériens présentent un développement déjà remarquable et les cellules du diploé qui sont médiatement en rapport avec eux sont surtout très spacieuses.

Si nous passons aux Rapaces diurnes, nous trouvons chez *Milvus regalis* un sac orbitaire très développé dans la région inférieure de l'orbite. Il a la forme d'une lentille concave-convexe dont la concavité est en rapport avec le globe oculaire. Il est fixé en arrière à l'apophyse orbitaire postérieure en avant au bord supérieur de l'os lacrymal. Sa face convexe est en rapport avec les muscles ptérygoïdiens et la muqueuse palatine. Il présente en dehors un diverticule qui s'étend entre la peau et la muqueuse qui unissent les deux mâchoires et que nous appellerons *diverticule inter-mandi-*

bulaire. En avant, le sac orbitaire communique par un orifice situé en haut et en dedans du lacrymal avec la fosse ou diverticule pré-orbitaire.

Enfin, en arrière s'étend la portion post-orbitaire du sac, qui, passant sur l'os ptérygoïdien, entoure l'os carré et s'avance jusqu'au-dessous de la caisse du tympan. Ces deux diverticules, très rapprochés l'un de l'autre sur la ligne médiane, vers le point où ils s'ouvrent dans le sac orbitaire, n'ont aucune communication directe l'un avec l'autre.

L'injection a pénétré dans le frontal, le lacrymal, le carré et le mastoïdien.

Buteo communis présente comme *Milvus regalis* un sac orbitaire avec diverticules post-orbitaires qui s'étendent en arrière des os ptérygoïdiens jusqu'au voisinage de la fossette sous condylienne. Les sacs communiquent entre eux par leur portion orbitaire, comme chez *Athene*.

En outre, l'injection a pénétré dans le frontal.

Pernis apivorus possède une cellule orbitaire très développée qui remonte en haut et en arrière et fait hernie dans la fosse temporale, longeant le bord antérieur du muscle temporal. En avant, elle communique par un large orifice avec une fosse pré-orbitaire extrêmement spacieuse. Enfin, en arrière, elle donne un diverticule post-orbitaire qui s'étend jusqu'à l'orifice antérieur de la trompe d'Eustache et communique à ce niveau avec le diverticule du côté opposé.

Urubitinga Ghiesbreghtii présente une disposition semblable, et sa chambre pré-orbitaire plus développée s'étend jusqu'au niveau de la cire. L'injection a pénétré dans presque tous les os du crâne : occipital, sphénoïde, caisse du tympan, maxillaire inférieur, ethmoïde, frontal et lacrymal.

Enfin, un diverticule post-orbitaire semblable à celui de *Buteo communis* s'étend jusqu'au basi-sphénoïde et communique avec celui du côté opposé comme nous l'avons déjà vu chez *Pernis apivorus*.

Chez *Circus aeruginosus*, les cavités aériennes sont aussi bien développées, mais les diverticules post-orbitaires atteignent un plus grand volume et présentent plus de complication que chez les Oiseaux précédents. Ils s'étendent de l'articulation interne du ptérygoïdien à celle du maxillaire et du tympanique sur une longueur de 18^{mm} et une largeur de 8^{mm}. Ils communiquent largement ensemble sur la ligne médiane et dessinent un V dont

le sommet est dirigé en avant. A l'intérieur de l'angle ainsi formé se détache de chacun des sacs un diverticule allongé et légèrement recourbé qui se porte en arrière et, s'insinuant entre les muscles de la région cervicale supérieure, embrasse l'atlas et se fixe à l'occipital basilaire. Ce diverticule envoie un petit prolongement qui pénètre dans la caisse par un orifice du basitemporal situé en dehors et en avant de l'orifice tympanique de la trompe, en face de celui du *siphonium*. Nous avons retrouvé cet orifice chez plusieurs autres Rapaces diurnes dont le squelette a été entre nos mains (Aura, Circaète, etc.), et nous supposons que chez ces Oiseaux les cellules aériennes présentent la même disposition. Ainsi, chez *Circus æruginosus*, l'air peut pénétrer de la fente palatine dans les fosses nasales et la cavité orbitaire, de là dans la caisse du tympan et les cellules osseuses qui sont en communication avec cette cavité.

Il est probable que la trompe d'Eustache dont le calibre est très faible, puisqu'elle n'admet qu'un poil très fin, ne doit pas contribuer pour beaucoup à l'aération de la caisse.

Les orifices pneumatiques des os sont très volumineux, surtout ceux de la partie antérieure du bec. Le cornet supérieur présente plusieurs petits orifices.

Accipiter nisus possède des cavités pneumatiques également bien développées. La cellule orbitaire enveloppe environ les deux tiers du globe oculaire et remonte au-dessous de la voûte orbitaire pour se fixer au lacrymal et à l'os sus-orbitaire qui lui fait suite. La fosse pré-orbitaire est très développée et la partie post-orbitaire s'étend, en arrière, jusque dans la région cervicale supérieure où elle communique avec celle du côté opposé; mais elle ne fournit pas de diverticules secondaires.

La pneumaticité du crâne est considérable.

Astur palumbarius présente cette particularité d'avoir dans la portion post-orbitaire du sac un petit diverticule sphérique de la grosseur d'un pois situé en arrière de l'articulation du maxillaire inférieur avec le tympanique.

Chez *Sarcoramphus papa* (1), les sacs aériens cervico-céphaliques atteignent un développement plus considérable que chez tous les Oiseaux précédents. Le sac orbitaire entoure complètement le globe oculaire; il forme tout autour de ce globe un bourrelet saillant plus développé en bas et latéralement qu'à la partie supérieure où il n'a guère que 10^{mm} de large sur 2^{mm} d'épaisseur. Par sa face supérieure il est en rapport avec la voûte orbitaire et par sa face inférieure avec la conjonctive.

(1) Pl. X, fig. 2.

Les cellules pré-orbitaires, plus étendues et plus compliquées que chez les espèces que nous avons étudiées jusqu'ici, se composent : 1° d'une fosse pré-orbitaire très spacieuse, s'étendant en avant jusqu'aux orifices des narines dont elle limite les deux tiers ; 2° d'un diverticule sous-cutané, *dn*, que nous n'avons rencontré chez aucun autre Oiseau. Il recouvre la fosse pré-orbitaire et s'étend jusqu'à la caroncule.

La fosse pré-orbitaire est de forme pyramidale triangulaire ; sa base correspond à la paroi latérale externe de l'orbite ; son sommet au bord de la cire, en avant de la narine externe. La hauteur prise de la face latérale de l'orbite au sommet de la cavité est de 38^{mm} la profondeur à la base est de 14^{mm}.

Le diverticule sous-cutané recouvre les parois osseuses de la partie antérieure de la face, depuis le bord orbitaire jusqu'à la caroncule : il remonte jusqu'à la ligne médiane supérieure du bec et s'accole au sac du côté opposé, dont il est séparé par une cloison complète, membraneuse, mince et transparente.

La cellule post-orbitaire est constituée par un prolongement tubuleux qui s'étend le long du bord antérieur du ptérygoïde, contourne la face inférieure de l'os carré, remonte et s'applique sur la face antérieure de cet os, et se portant en arrière va se terminer en cul-de-sac au-dessous du conduit auditif externe. Il n'y a pas de communication entre ce diverticule et la caisse du tympan, communication que nous avons observée chez *Circus aeruginosus*. Un autre diverticule s'étend entre la partie articulaire du maxillaire inférieur et le basi-occipital et descend dans la région cervicale ; c'est la cellule cervico-céphalique proprement dite. Elle est de forme pyramidale, s'insinue entre les muscles de la région cervicale supérieure et passe sous le grand complexus ; son sommet atteint le niveau du quatrième espace inter-vertébral. Cette cellule envoie sous les muscles releveurs de la tête un diverticule qui se porte en arrière sur le sus-occipital et rencontre le diverticule du côté opposé avec lequel il forme un *collier pneumatique péri-occipital*, disposition que nous avons déjà rencontrée, mais avec un développement moindre, chez *Circus aeruginosus*.

La pneumatité des os du crâne est considérable chez cet Oiseau et ce caractère le rapproche des Rapaces nocturnes. Une injection poussée par un orifice pratiqué au frontal se répand dans les pariétaux, le mastoïdien, la caisse et le maxillaire inférieur. Les deux caisses communiquent largement en arrière et les cellules du

bec très spacieuses reçoivent l'air par un orifice placé au voisinage du sommet de la fosse pré-orbitaire ; ces deux caractères ont déjà été mentionnés chez *Otus vulgaris* et *Bubo maximus*.

Cathartes atratus (1) est, de tous les Rapaces que nous avons eu l'occasion d'étudier, celui qui présente le système pneumatique cervico-céphalique le plus développé.

Ayant injecté ce système chez cet Oiseau par une narine, nous avons pu observer une vaste cellule, s'étendant dans toute la région cervicale, *Sc*, et en communication, d'une part avec les cellules céphaliques, d'autre part avec le système pneumatique général par l'intermédiaire du sac claviculaire, *ds*, et se prolongeant dans le membre antérieur. Cette cellule, *Sc*, s'étend de l'espace interfurculaire à la cellule orbitaire avec laquelle elle se continue. Elle forme un manchon complet autour de la moitié supérieure de la région cervicale ; dans la moitié inférieure, elle constitue une simple gouttière qui fait suite à ce manchon, et embrasse la partie antérieure de la région cervicale.

La trachée traverse l'intérieur de cette cellule, libre de toute adhérence avec sa paroi ; l'œsophage, *Æ*, passe au devant de la trachée qu'il croise obliquement de droite à gauche ; puis il s'applique sur la paroi antérieure du sac qui est complètement recouverte par le jabot, *J*, dans sa partie interfurculaire.

La paroi postérieure du sac est en rapport avec la cellule inter-claviculaire dont elle est incomplètement séparée par une cloison membraneuse ; c'est par l'intermédiaire de cette cellule que se fait la communication avec les sacs alaires.

Le sac cervico-céphalique de *Cathartes urubu* ne fournit pas de collier péri-occipital profond, il passe sur l'os hyoïde et donne un diverticule qui remplit un sillon de l'écusson sphénoïdal et se prolonge pour entourer la partie inférieure du tympanique, passer sur le ptérygoïde et se mettre en communication avec la cellule orbitaire.

Celle-ci, très spacieuse fait hernie sur le muscle temporal et autour du globe oculaire, mais sans l'entourer d'un bourrelet complet, comme chez *Sarcoramphus papa*. Enfin elle s'engage en avant dans la fosse pré-orbitaire qui est d'une grande dimension.

Inférieurement, le sac cervico-céphalique communique avec l'inter-claviculaire, *ds*, et donne un diverticule dorsal qui s'étend sur l'omoplate et, passant sous l'aisselle, forme une cellule axillaire

(1) Pl. X, fig. 1.

pyramidale qui communique avec un sac sous pectoral bien développé placé entre les muscles pectoraux.

Le sac axillaire s'ouvre dans les sacs alaires, *Sa*, qui s'étendent jusqu'à l'extrémité des doigts. Ils forment des diverticules qui pénètrent entre l'humérus et le biceps, entre ce muscle et la peau, et séparent les différents muscles du bras. Ces diverticules inter-musculaires se prolongent entre les muscles de l'avant-bras, et l'un d'eux, qui suit le bord cubital, *d*, est traversé par les grandes plumes qui viennent prendre leur insertion sur le cubitus; il leur forme ainsi à chacune une gaine pneumatique.

Les cellules aériennes se continuent dans la main, entre les doigts, et celles du bord inférieur fournissent également des gaines aux grandes plumes de la main. Cette disposition que nous signalons chez ce Rapace est semblable à celle que M. A. Milne-Edwards a observée sur le *Buceros Rhinoceros*. En outre, chez *Cathartes Urubu*, le tissu cellulaire sous-cutané de l'aile forme un mince réseau de cellules pneumatiques qui communique avec les grandes cellules aériennes, comme nous l'avons observé chez *Buceros convexus* et *Pelecanus onocrotalus*, que nous décrirons plus loin.

Ainsi, l'ordre des Rapaces nous fournit des exemples d'Oiseaux dont la pneumatité de la région cervico-céphalique se réduit au sinus oculaire et aux cellules osseuses de la tête; tels sont la plupart des Nocturnes, et parmi les Diurnes *Buteo vulgaris*. Chez quelques-uns les cellules acquièrent dans la région céphalique plus de volume et de complexité et donnent naissance à un rudiment de sac cervical, tels sont *Circus æruginosus*, *Sarcoramphus papa*. Enfin chez *Cathartes atratus*, la pneumatité de la région cervico-céphalique atteint son plus haut degré, et les cellules de ce système se continuent jusqu'à l'extrémité du membre supérieur.

PSITTACIDÉS

Le groupe des Psittacidés, qui n'avait pas encore été étudié au point de vue de la pneumatité, nous a fourni de nombreux exemples de sacs cervico-céphaliques. Nos recherches ont porté sur les espèces suivantes :

- Ara militaris* (1) (*Ara* militaire) ;
- Ara Canga* (2) (*Ará* Macao) ;
- Cacatua Leadbeateri* (Kakatoès de Leadbeater) ;

(1) Cat. d'Anat. Comp. 1888-326.

(2) 1888-750.

Cacatua alba (1) (Kakatoès à crête blanche) ;
Cacatua molucensis (2) (Kakatoès à crête rose) ;
Cacatua sulphurea (3) (Kakatoès des Philippines) ;
Chrysotis aestivus (Perroquet amazone) ;
Psittacus erythacus (Perroquet gris) ;
Coracopsis nigra (4) (Vasa de Madagascar) ;
Conurus carolinensis (5) (Perruche à tête jaune de la Caroline).

Cet ordre, comme le précédent, nous a présenté des types dont la pneumatocité de la région cervico-céphalique est très rudimentaire (*Psittacus erythacus*) chez quelques autres elle prend plus d'extension et de complexité (*Chrysotis aestivus*, *Cacatua alba*, etc.) ; et elle atteint son maximum de développement chez les Aras, les Perruches et le Kakatoès de Leadbeater.

Chez *Psittacus erythacus*, l'injection pratiquée par une narine a rempli les deux sacs oculaires qui se prolongent en arrière jusqu'à l'os carré et ne présentent ni diverticules ni cellules cervicales.

Chez *Chrysotis aestivus*, les sacs oculaires émettent en arrière des diverticules qui entourent le trou occipital (*collier péri-occipital*).

Caracapsis Vasa nous présente un premier rudiment du sac cervical ; chez cet oiseau, le sac orbitaire communique avec une cellule de forme à peu près cylindrique qui s'étend en arrière des ptérygoidiens et descend obliquement de haut en bas, d'avant en arrière au-delà de la mâchoire inférieure. Elle mesure 30^{mm} de long sur 15^{mm} de diamètre. Elle fournit un petit diverticule à l'articulation quadrato-maxillaire.

Cacatua alba possède un système de cellules semblables, mais un peu plus développées dans la région cervicale. Le sac orbitaire présente un diverticule qui fait hernie sur le muscle temporal et le recouvre, s'étendant en arrière presque jusqu'au bord postérieur de la mâchoire inférieure.

Il nous a paru en être de même chez *Cacatua molucensis* ; toutefois, le diverticule temporal ne s'étend pas aussi loin chez cet Oiseau et ne recouvre qu'une partie de la mâchoire, au-dessous de l'orbite.

Mais c'est chez les Aras, les Perruches et le Kakatoès de Leadbeater que les cellules cervico-céphaliques présentent leur maximum de développement et de complexité.

Chez tous ces Oiseaux, une vaste cellule s'étend dans toute la longueur du cou jusqu'à la fourchette en avant, et jusqu'à l'articu-

(1) 1886-470 ; (2) 1886-145 ; (3) 1888-774 ; (4) 1887-1,181 ; (5) 1889-144.

lation scapulo-humérale en arrière ; elle se prolonge même davantage chez *Conurus carolinensis*. En outre, elle présente des diverticules nombreux, ainsi que nous allons le faire connaître par les descriptions suivantes :

Le groupe des Perruches présente une remarquable pneumaticité de la région cervicale et de la région céphalique. Nous avons pu l'observer chez *Conurus carolinensis*.

Chez cet Oiseau, les cellules aériennes s'étendent latéralement dans toute la longueur du cou ; dans leur quart supérieur elles laissent entre elles en arrière un large espace triangulaire dont la base correspond à l'insertion des muscles longs du cou sur l'occipital et dont le sommet est dirigé en bas ; à partir de ce point elles s'accolent l'une à l'autre, mais sans communiquer entre elles, puis s'écartent de nouveau dans leur moitié inférieure pour se porter vers l'épaule sur laquelle elles forment une sorte de bissac, comme nous le représentons chez *Ara Canga* (1).

En avant, dans la moitié inférieure de la région cervicale, les cellules s'unissent et forment un renflement considérable présentant vers sa partie médiane une fossette qui reçoit le jabot ; dans leur moitié supérieure, elles sont distinctes, l'œsophage et la trachée les séparent toutefois, dans la région céphalique, elles communiquent par un *diverticule sous-mentonnier*, en forme de fer à cheval qui s'étend sous la mandibule inférieure et constitue un bourrelet limité en avant par la partie cornée de cette mandibule. Ce diverticule recouvre la partie supérieure de la trachée et l'appareil hyoïdien.

La cellule oculaire est bien développée et fournit deux diverticules : l'un intermusculaire, formant une sorte de tube renflé, se porte en arrière en passant sous les muscles élévateurs de la mâchoire pour venir s'appliquer sur l'occipital supérieur. Il se fixe à la protubérance cérébelleuse et descend le long de la région cervicale postérieure entre les muscles superficiels et les muscles profonds. Sur la ligne médiane, les muscles superficiels sont écartés par le développement de la cellule, qui devient ainsi sous-cutanée sur une longueur de 25^{mm} environ et sur quelques millimètres de large. Cette partie du diverticule correspond au milieu de l'espace triangulaire que laissent entre elles les cellules cervicales :

L'autre diverticule du sac oculaire s'étend en avant du muscle temporal et recouvre latéralement la mâchoire inférieure, se porte

(1) Pl. IX, fig. 1 et 2.

en dedans de cet os pour entourer l'articulation quadrato-maxillaire et l'os carré qu'il enveloppe et-isole presque complètement.

Les cellules aériennes présentent chez *Cacatua Leadbeateri* une disposition qui se rapproche de celle que nous avons observée chez les Psittacidés précédents. Les sacs cervico-céphaliques s'étendent dans toute la longueur du cou, mais ne remplissent pas complètement l'espace interfurculaire. De forme irrégulière, à peu près cylindriques en haut, renflés vers le bas, ils présentent plusieurs étranglements qui correspondent à des cloisons incomplètes. Ils ne sont pas symétriques : Leur longueur est de 70^{mm} et leur plus grande largeur est de 33^{mm} pour le sac droit, de 19 seulement pour le gauche. En avant le sac droit est en partie recouvert par la trachée, l'œsophage et le jabot.

En haut et en arrière les deux sacs laissent entre eux un espace triangulaire, très allongé, occupé par les muscles longs du cou ; puis ils se rapprochent et s'accolent vers la partie moyenne de la région cervicale, sans toutefois communiquer en ce point comme nous le verrons chez les Aras ; puis ils se séparent de nouveau et s'écartent pour se porter au-dessus de l'articulation scapulo-humérale où ils se terminent.

De la partie renflée de la cellule droite en avant, naît un petit diverticule tubuleux, ascendant qui longe la trachée et se termine en cul-de-sac à l'union de son quart supérieur avec ses trois quarts inférieurs.

Les cellules aériennes pénètrent dans la région céphalique en dedans du muscle digastrique, longent la face interne de la mâchoire inférieure, forment un diverticule articulaire quadrato-jugal, passent au-dessus du ptérygoïdien pour déboucher dans le sac orbitaire.

Celle-ci donne un diverticule inter-mandibulaire qui s'étend jusqu'à la partie cornée du bec. Les sacs cervico-céphaliques ne donnent aucun diverticule inter-musculaire dans la région cervicale postérieure et il n'y a pas de collier péri-occipital.

Chez les Kakatoès le développement des sacs offre de grandes différences suivant les espèces. Ainsi, chez *Cacatua alba* et *C. molucensis*, nous n'avons trouvé qu'un sac cervico-céphalique très court de forme pyramidale triangulaire dont la base est en avant, le sommet en bas et en arrière. Sa hauteur est de 40^{mm}, sa largeur à la base de 20^{mm}. Il communique avec une cellule orbitaire très développée qui fournit un diverticule sous-cutané, s'étendant

d'avant en arrière sur les muscles élévateurs de la mâchoire inférieure jusqu'à l'articulation.

Chez *C. Leadbeateri* et *C. sulphurea*, le volume des cellules est beaucoup plus considérable ainsi que leur complexité.

Chez le premier les cellules cervico-céphaliques s'étendent dans toute la longueur du cou jusqu'à la clavicule, mais ne remplissent pas complètement l'espace inter-furculaire. Elles sont de forme irrégulière, à peu près cylindrique, dans leur partie supérieure; renflées, globuleuses dans leur partie inférieure et présentent plusieurs étranglements. Leur longueur est de 70^{mm}, sur 35 pour le sac droit, dans sa plus grande largeur. Le gauche n'atteint que 19^{mm} dans la portion correspondante. Ils sont donc très asymétriques.

Les cellules cervico-céphaliques descendent le long de la région cervicale; la gauche est en partie couverte par la trachée, l'œsophage et le jabot; tandis que la droite plus volumineuse, n'est recouverte que par la peau. Dans la région cervicale postérieure, les cellules séparées en haut, se rapprochent de manière à laisser entre elles un espace triangulaire occupé par les muscles releveurs de la tête; puis s'accolent dans la région moyenne du cou, sans toutefois communiquer entre elles; enfin elles se séparent de nouveau pour se porter chacune vers l'articulation scapulo-humérale, au niveau de laquelle elles se terminent.

De la partie renflée de la cellule droite naît un petit diverticule tubuleux ascendant qui longe la trachée et se termine en cul-de-sac à l'union du quart supérieur de cet organe avec les trois quarts inférieurs.

Les cellules pénètrent dans la région céphalique sous le muscle digastrique, longent la face interne de la mâchoire inférieure, forment un diverticule quadrato-jugal, entourant la base de l'os carré, et, passant au-dessus des ptérygoïdiens, s'ouvrent dans le sinus oculaire.

Celui-ci donne un diverticule inter-mandibulaire qui s'étend jusqu'à la partie cornée du bec.

Les sacs cervico-céphaliques ne donnent aucun diverticule inter-musculaire dans la région cervicale, et il n'y a pas de collier péri-occipital.

Les os du crâne, très pneumatiques, ont été injectés.

Les cellules aérifères de *Cacatua sulphurea*, analogues à celles de l'espèce précédente, sont asymétriques; la gauche moins volumineuse que la droite, parce que l'œsophage et le jabot sont déjetés à gauche. En arrière, les deux sacs s'accolent sur la ligne médiane mais

sans communiquer l'un avec l'autre, et s'étendent inférieurement jusqu'à l'articulation scapulo-humérale qu'il recouvrent d'un diverticule scapulaire ovoïde. De même que chez l'espèce précédente il n'y a pas de diverticules inter-musculaires, ni de collier péri-occipital.

Les cellules cervico-céphaliques d'*Ara militaris* sont en rapport, en avant avec la trachée et l'œsophage qu'elles longent dans presque toute leur longueur; le jabot les recouvre inférieurement et elles sont limitées par la fourchette.

La veine jugulaire et le pneumo-gastrique rampent sur leur paroi et leur donnent quelques rameaux. Elles s'étendent latéralement et en avant du tiers supérieur de la région cervicale; puis se portent en arrière et communiquent largement sur la ligne médiane formant ainsi un large collier pneumatique qui entoure les deux tiers inférieurs du cou et se prolonge même en une pointe qui va s'insérer sur la cinquième vertèbre dorsale. En avant, les cellules longent la trachée, rapprochées l'une de l'autre dans le tiers supérieur et le tiers inférieur de celle-ci, mais elles s'en écartent dans son tiers moyen; cependant le sac gauche donne un petit diverticule qui, naissant du tiers supérieur s'accole à la trachée sur une longueur de 25^{mm}. Le sac étranglé, dans sa partie moyenne, se dilate au contraire à ses deux extrémités, surtout en bas; des cloisons membraneuses incomplètes correspondent à l'union du tiers moyen avec le supérieur et l'inférieur.

Le sac cervico-céphalique donne deux diverticules qui s'étendent dans la région cervicale supérieure; l'un est superficiel, l'autre profond. Le superficiel est recouvert par les muscles longs du cou qu'il faut disséquer pour l'apercevoir; il est de forme pyramidale triangulaire; sa base est dirigée en haut, son sommet en bas et en dehors, il n'atteint pas jusqu'à la ligne médiane postérieure. Le diverticule est situé sous les muscles occipito-cervicaux; il s'unit à son congénère et forme un collier péri-occipital. La communication de ce diverticule avec le sac cervico-céphalique se fait par deux larges orifices circulaires situés de chaque côté de l'atlas au-dessus du ganglion cervical supérieur. La communication du sac superficiel s'établit par une large fente qui s'allonge en dedans du muscle digastrique parallèlement à la direction de ce muscle.

Une cloison membraneuse incomplète sépare la région cervicale du sac de la région céphalique.

Celle-ci s'étend, comme chez la plupart des Oiseaux que nous avons déjà étudiés sur la voûte palatine, passe au-dessus du

ptérygoidien et s'ouvre dans la cellule orbitaire qui communique en avant avec la fosse pré-orbitaire.

Cette cellule présente un diverticule quadrato-maxillaire qui entoure l'articulation du carré et du maxillaire supérieur, puis s'étend dans la fosse temporale, au-dessus du muscle temporal et fait hernie sous la peau, en avant de ce muscle. La cellule orbitaire donne un diverticule qui communique avec le précédent et s'étend entre la peau et la muqueuse inter-mandibulaire jusqu'à la partie cornée du bec. La chambre pré-orbitaire est peu développée.

Les os de la tête sont très pneumatiques et les orifices aériens larges surtout dans la région antérieure (frontal, intermaxillaire, etc.).

Chez *Ara Canga* (1), le développement de la pneumaticité de la région cervico-céphalique est aussi très considérable.

Les cellules aériennes cervico-céphaliques, *Scs*, *Scl*, s'étendent également jusqu'à la clavicule, et affectent les mêmes rapports. Elles sont cylindriques dans la région cervicale moyenne, renflées supérieurement et inférieurement.

Le renflement supérieur s'étend sur une partie de la région postérieure, mais ne recouvre pas complètement les muscles longs du cou qu'il laisse à découvert dans la plus grande partie de leur étendue. La partie moyenne du sac s'étend sur toute la région cervicale postérieure qu'elle embrasse et se prolonge en un cul-de-sac médian qui s'insère sur les premières vertèbres dorsales. Enfin le renflement inférieur du sac se porte en arrière et en bas, formant une sorte de bissac volumineux, *ds*, reposant sur l'épaule; au-dessus et en arrière de laquelle il s'étend; recouvrant une partie de la région dorsale, ce diverticule atteint chez cet Oiseau le plus grand développement que nous ayons encore rencontré chez les Psittacidés. Nous avons également constaté, chez cette espèce, la présence d'un collier péri-occipital, *dpo*.

Les cellules aérifères des os de la tête sont très développées chez cette espèce.

Nous avons pratiqué chez *Conurus carolinensis*, chez *Ara Canga* et chez plusieurs autres Psittacidés l'injection totale des sacs aériens en rapport avec les poumons, et dans aucun cas, nous n'avons observé de communication entre le système cervico-céphalique que nous venons de décrire et le système pulmonaire.

(1) Planche IX, fig. 1 et 2.

En résumé, les Psittacidés que nous avons étudiés offrent pour la plupart un système de sacs cervico-céphaliques, qui est très volumineux et très complexe chez quelques-uns d'entre eux, mais qui n'est jamais en communication avec le système général.

Chez tous la portion céphalique des cellules acquiert un remarquable développement et les os avec lesquelles ces cellules sont en rapport sont très pneumatiques, surtout la mâchoire inférieure et la partie antérieure du bec.

GRIMPEURS

Dans ce groupe, nous n'avons pu examiner que les Pics dont la pneumatité est très restreinte. Ils ne présentent pas de cellule cervico-céphalique, leur sac orbitaire est peu développé et la partie antérieure de la tête est peu celluleuse. Leur bec, par suite de sa faible pneumatité, gagne en force ce qu'il perd en légèreté.

PASSEREAUX

Parmi les Passereaux, nous avons pu étudier :

Upupa epops (Huppe);

Passer domesticus (Moineau);

Turdus merula (Merle);

Graculus glandarius (Geai);

Lanius minor (Pie grièche);

Corvus corax (Corbeau commun);

Corvus frugilegus (Freux);

Corvus cornix (Corneille mantelée);

Anthracoceros ou *Buceros convexus* (1) (Calao de Sumatra).

Upupa epops présente un sac orbitaire avec diverticule intermandibulaire et ne possède pas de sac cervico-céphalique. La chambre pré-orbitaire est très réduite. Il en est de même chez *Passer domesticus*, *Turdus merula* et chez les Corvidés.

Ces derniers ne présentent pas de chambre pré-orbitaire. La pneumatité des os de la tête est très remarquable chez eux : Toutes les cellules aérifères du diploé sont en communication, de sorte que l'injection introduite soit dans le sac orbitaire, soit dans un des os de la tête (maxillaire inférieur ou frontal) se répand immédiatement dans tous les os et des deux côtés, ce degré de pneumatité ne se rencontre guère que chez les Rapaces nocturnes et chez les Bucérotidés; mais chez la plupart des Oiseaux il reste toujours

(1) Cat. d'Anat. Comp. 1889-12.

quelques points où les cellules aérifères font défaut, notamment à la voûte du crâne et dans le maxillaire inférieur au voisinage du plan médian.

Lanius minor et *Graculus glandarius* présentent un sac oculaire bien développé qui se prolonge en arrière au-dessus de la voûte palatine jusqu'au voisinage du maxillaire inférieur.

Buceros convexus est de tous les Oiseaux que nous avons examinés, celui qui offre la pneumaticité la plus complète, en raison du développement général des sacs aérifères et des cellules osseuses.

Buceros rhinoceros avait déjà été décrit par M. A. Milne-Edwards. *Buceros convexus* est beaucoup plus petit, il est du volume d'un gros pigeon, et nous avons employé pour l'injecter plus d'un litre de gélatine; encore les sacs n'avaient-ils pas atteint toute la réplétion dont ils sont susceptibles.

Un vaste sac cervico-céphalique impair s'étend de l'espace interfurculaire au voisinage du larynx supérieur. Il entoure complètement le cou et, remontant en arrière jusque sur le crâne, se termine à la naissance du casque osseux qui le surmonte. Il renferme la trachée avec laquelle il est libre de toute adhérence, et l'œsophage situé en arrière de cet organe, et qui est fixé aux parois du sac par deux cloisons longitudinales perpendiculaires au plan médian. Ces cloisons n'atteignent pas les deux extrémités du sac et laissent ainsi en deux points, une communication entre la partie antérieure ou trachéale et la partie postérieure. Elles servent de soutien aux nerfs et aux vaisseaux qui se rendent à la peau.

En bas et en avant le sac cervico-céphalique communique avec le claviculaire qu'il recouvre et en arrière avec les sacs alaires qui présentent la disposition décrite chez *Buceros Rhinoceros* par M. Milne-Edwards. Ce sac unique correspond par conséquent aux deux sacs cervicaux observés chez ce dernier.

En haut et latéralement le sac cervico-céphalique passe en dedans du maxillaire inférieur et communique au-delà du ptérygoïdien avec le sac oculaire.

Il envoie un diverticule péri-occipital formant un collier complet très large en arrière, remplissant en avant la fossette sous-condylienne et communiquant avec la caisse du tympan. Le sac cervico-céphalique s'ouvre en outre par un petit prolongement tubuleux dans les cellules aérifères des vertèbres; l'orifice de communication s'ouvre à la hauteur de l'atlas dans le premier sac vertébral postérieur. Les sacs vertébraux forment

deux chapelets, l'un antérieur, l'autre postérieur, le long de la colonne vertébrale.

Enfin le sac cervico-céphalique est recouvert dans toute son étendue par la peau qui y adhère fortement; elle est tapissée d'une mince couche de tissu cellulaire pneumatique formant de fines cellules injectées dans la préparation. Ayant pratiqué une incision longitudinale sur la ligne médiane, nous avons doucement séparé la peau de la paroi cellulaire et ayant poussé une injection dans le sac, nous avons vu celui-ci se gonfler et le liquide sourdre des bords de la section par une multitude de petits pertuis, ce qui démontre la communication existant entre le sac et les cellules sous-cutanées.

M. A. Milne-Edwards ne mentionne pas chez le Calao la communication du sac cervico-céphalique avec les vertèbres, ni avec le tissu cellulaire sous-cutané. Ce sont deux faits que nous avons pu constater aussi chez l'un des Palmipèdes les plus pneumatiques, *Pelecanus onocrotalus*.

Le sac orbitaire extrêmement développé enveloppe complètement le globe oculaire et le suspend par un mince tractus fibreux au milieu de la voûte orbitaire.

Les deux sacs orbitaires communiquent entre eux d'autant plus largement que cet Oiseau ne présente pas de cloison inter-orbitaire; on peut même dire que les deux sacs ne font qu'un.

En arrière le sac orbitaire donne un diverticule qui occupe la fosse temporale et, passant sous le muscle du même nom, s'étend sur l'os carré; c'est le représentant du diverticule quadrato-jugal que nous avons décrit chez les Psittacidés et chez quelques autres Oiseaux.

Il n'y a pas de chambre pré-orbitaire. Tous les os du crâne et de la face ont été injectés.

Ainsi les Passereaux que nous avons étudiés, présentent dans la région cervico-céphalique une pneumatïcité très faible; à l'exception du groupe des Bucérotidés, où les cellules cervico-céphaliques offrent en outre cette particularité d'être en communication avec le système pulmonaire.

GALLINACÉS ET PIGEONS

Nos études ont porté sur les Gallinacés et les Pigeons suivants :

Gallus domesticus (Coq domestique) ;

Pavo spicifer (1) (Paon spicifère) ;

Penelope Marail (2) (Pénélope Marail) ;

Euplocomus prelatus (3) (Euplocome prélat) ;

Numida meleagris (Pintade commune) ;

Myristicivora luctuosa (4) ;

Sternænas cyanocephala ;

Turtur auritus (Tourterelle commune) ;

Columbus (Pigeons domestiques de plusieurs races).

L'injection pratiquée chez *Gallus domesticus*, *Pavo spicifer* et *Penelope Marail*, nous a montré chez ces Oiseaux un sac oculaire, une fosse pré-orbitaire et des os médiocrement pneumatiques. La fosse pré-orbitaire s'ouvre largement dans la cellule sous-oculaire dont elle n'est séparée que par la paroi de cette cellule, car le lacrymal et la lame transversale de l'ethmoïde qui, chez la plupart des Oiseaux ferment l'orbite en avant, sont peu développés et laissent entre eux un large orifice chez les espèces précitées. Le sac orbitaire ne se prolonge pas en arrière et ne donne aucun diverticule.

Chez *Euplocamus prelatus*, le sac orbitaire, un peu plus développé, s'étend jusqu'en arrière du ptérygoidien. Il donne un petit diverticule inter-mandibulaire.

Numida meleagris possède un petit sac cervico-céphalique bien délimité, de forme conique dont la base correspond à celle du crâne et qui mesure 68^{mm} de haut sur 18^{mm} de large à sa base. Il est en rapport avec la trachée et l'œsophage qu'il longe ; le muscle peaucier le recouvre.

Le casque que présente cet Oiseau est complètement aérifère ; nous l'avons injecté chez un individu par le sac cervico-céphalique ; et, chez un autre, inversement, nous avons injecté le sac en poussant par un orifice pratiqué dans le casque.

Chez *Sternænas cyanocephala*, nous avons rencontré un sac cervico-céphalique s'étendant en haut jusqu'à la crête occipitale, occupant le tiers supérieur de la région cervicale et communiquant avec l'oreille moyenne. Il est cylindrique et mesure 65^{mm} de long sur 21^{mm} de large.

Myristicivora luctuosa possède un sac à peu près semblable de 8^{cm} de long mesuré à partir de son extrémité occipitale ; mais il communique avec le tissu-cellulaire de la région cervico-céphalique. Nous avons retrouvé chez la Tourterelle et chez divers Pigeons domestiques (Pigeon polonais, Pigeon romain, etc.) un sac sembla-

(1) Cat. d'Anat. Comp. 1888-50 ; (2) 1887-414 ; (3) 1888-268 ; (4) 1889-77.

blement placé, plus ou moins développé et présentant les mêmes rapports avec les cellules du tissu cellulaire environnant.

Enfin nous mentionnerons *Goura cristata* (Goura couronné), qui nous a paru présenter les mêmes particularités, sans plus de pneumaticité. Le spécimen que nous avons eu entre les mains était en trop mauvais état pour que nous puissions rien affirmer à cet égard. Nous avons injecté plus d'espèces que nous n'en citons dans ce travail, mais il nous est fréquemment arrivé d'avoir des animaux endommagés, de telle sorte que nous n'avons pas réussi l'injection suffisamment pour en tirer une conclusion précise; aussi nous n'avons décrit dans ce travail que les faits certains et, le plus souvent, contrôlés sur plusieurs individus.

En somme, les Gallinacés et les Pigeons que nous avons pu étudier offrent peu de pneumaticité dans la région cervico-céphalique, et les réservoirs aérifères, que nous avons trouvés si développés chez les Psittacidés, par exemple, et que nous retrouverons chez quelques Echassiers et quelques Palmipèdes, sont ici réduits à de petits sacs sans importance.

ÉCHASSIERS

Parmi nos Échassiers, nos études ont porté sur les espèces suivantes :

- Ædicnema crepitans* (Oedicnème criard) ;
- Charadrius auratus* (Pluvier doré) ;
- Porphyrio Alleni* (1) (Poule sultane) ;
- Machetes pugnax* (2) (Chevalier combattant) ;
- Vanellus cristatus* (3) (Vanneau à crête) ;
- Grus cinerea* (4) (Grue cendrée) ;
- Balearica pavonina* (5) (Grue couronnée) ;
- Cariama cristata* (6) (Cariama huppé) ;
- Ardea cinerea* (7) (Héron cendré) ;
- Nycticorax griseus* (8) (Héron bihoreau) ;
- Cancroma cochlearia* (1) (Savacou bec-en-cuiller) ;
- Tantalus ibis* (2) (Tantale ibis) ;
- Ciconia alba* (3) (Cigogne blanche) ;

Les huit premiers ne présentent qu'un sac oculaire et une chambre pri-orbitaire peu développés, sans diverticules, et des os plus ou moins pneumatiques.

(1) Cat. d'Anat. Comp. 1888-740; (2) 1886-46; (3) 1889-258; (4) 1885-172; (5) 1889-62; (6) 1886-643; (7) 1888-211; (8) 1888-820.

Otis tarda possède un sac oculaire plus étendu qui va s'insérer au-delà des ptérygoïdiens sur le basi-sphénoïde et donne un diverticule inter-mandibulaire. La chambre pré-orbitaire est très vaste; les os sont très pneumatiques.

Cariama cristata possède un sac orbitaire spacieux qui entoure en partie le globe oculaire au-dessus duquel il s'étend jusqu'au milieu de la voûte orbitaire. De la portion de sa paroi appliquée sur l'hémisphère inférieur de l'œil naît une cloison membraneuse qui s'étend dans l'orbite, parallèlement à la cloison inter-orbitaire et la divise en deux parties, l'une profonde, l'autre superficielle, communiquant ensemble à la partie antérieure de l'orbite au niveau du lacrymal. La partie superficielle se prolonge en un diverticule inter-mandibulaire. L'orifice de communication du sac avec les fosses nasales est très large.

La fosse pré-orbitaire est très vaste et présente en avant sur sa paroi profonde un orifice qui établit une communication avec celle du côté opposé. Il y aurait donc en avant une sorte de canal faisant communiquer les deux sacs oculaires par l'intermédiaire de la fosse pré-orbitaire. En arrière chaque sac est complètement isolé de l'autre et ne dépasse pas le ptérygoïdien.

La pneumatité des os est développée; le palatin lui-même est aérifère.

Ardea cinerea présente un plus grand développement du sac orbitaire dont un diverticule remplit la fosse temporale et est recouvert par le muscle et le plexus du même nom. Il fournit en outre un diverticule inter-mandibulaire.

En arrière, le sac orbitaire se prolonge au-delà du ptérygoïde, remplit l'espace triangulaire qui s'étend entre cet os et la base du crâne et fournit un petit diverticule quadrato-jugal.

Nycticorax griseus présente le même degré de développement et la même disposition du sac orbitaire.

Cancroma savacou, vulgairement appelé Bec-en-cuiller, présente un bec très volumineux dont la mandibule supérieure possède un crochet et l'inférieure une membrane comme chez le Pélican : il a aussi un large œsophage. Son crâne, très pneumatique, les dimensions considérables du bec, la large communication qui existe entre les orbites dont la lame est réduite à un anneau sont des traits de ressemblance avec le Calao. Mais la pneumatité est loin d'être

aussi développée chez *Canceroma savacou* que chez *Buceros Rhinoceros* ou même chez *Pelecanus onocrotalus*.

Le sac orbitaire ne s'étend pas au-delà du basisphénoïde ; la chambre pré-orbitaire, très vaste, présente de larges orifices pneumatiques, et tous les os de la tête ont été injectés, même le palatin, qui est soudé avec le vomer et le maxillaire inférieur.

En arrière du crâne sous l'aigrette, nous avons trouvé un sac impair volumineux, s'étendant de la crête occipitale au niveau de la sixième vertèbre cervicale, entourant le cou et débordant sur les côtés. J'ai dû l'injecter directement et je n'ai pas trouvé sa communication avec les autres.

Enfin, en avant du cou, jusqu'à la base du crâne, entre la trachée et l'œsophage, s'étend une vaste cellule impaire que j'ai injectée aussi séparément et qui m'a paru dépourvue de communication avec le système pulmonaire.

Ciconia alba (1) possède un sac orbitaire, *So*, et une fosse pré-orbitaire, *fpo*, et de plus un sac cervico-céphalique pair, *Sc*, cylindrique, occupant latéralement environ un cinquième de la région cervicale et remontant sur l'occipital, sans toutefois en atteindre la crête. Il mesure 7^{cm} de long sur 2^{cm} 5 de large. Par sa face externe, il est en rapport avec le peucier, par sa face interne avec la trachée et l'œsophage ; les jugulaires, les carotides et le pneumogastrique s'accolent à sa face antérieure.

En incisant le sac gauche à sa partie supérieure, on constate qu'il communique largement avec le droit, dont il n'est séparé que par un repli falciforme de la cloison occupant la ligne médiane. Cette partie supérieure forme donc une sorte de vestibule, *d'* commun aux deux sacs. Dans ce vestibule s'ouvre également un petit sac sphérique impair, *d*, de 15^{mm} de diamètre, situé entre les deux muscles masseters. Son orifice vestibulaire mesure 5^{mm} de diamètre il est constitué par un repli de la paroi formant un croissant à concavité supérieure. La paroi de ce petit sac forme le plancher du vestibule, et au-dessus s'ouvre un orifice unique qui fait communiquer ce dernier avec la fente sphéno-palatine, *fsph*.

La cellule cervico-céphalique, *Sc*, envoie un prolongement qui s'insère autour du trou occipital, mais n'atteint pas la ligne médiane ; un autre diverticule de forme ovoïde remonte le long du bord postérieur de la mâchoire, passe au-dessous du méat auditif et se dirigeant en arrière se porte sur la face antérieure de l'os carré auquel il adhère

(1) Planche XI, fig. 4 et 5.

par sa paroi profonde, tandis que par sa paroi externe il s'accole au quadrato-jugal, c'est le diverticule quadrato-jugal.

Le sac orbitaire est en communication avec la cellule cervico-céphalique par un prolongement de ce dernier qui passe, comme toujours, au-dessus du ptérygoïdien. Il ne présente rien de particulier, non plus que la fosse pré-orbitaire qui lui fait suite.

Le système cervico-céphalique communique avec la caisse du tympan par un canal membraneux qui s'ouvre dans la partie inférieure de la caisse, passe sous un fort tendon inséré au bord inférieur du maxillaire et débouche dans un très petit sac qui s'ouvre dans le sac cervico-céphalique. Nous verrons qu'il existe une semblable communication chez *Sula Bassana*.

Nous avons pu observer plusieurs autres cigognes adultes : chez une d'entre elles le sac avait un volume moindre que chez les autres.

Sur un embryon de Cigogne à terme, nous avons injecté le sac orbitaire, mais sans pénétrer dans le sac cervico-céphalique. Mais en insufflant de l'air par la fente sphéno-palatine, nous l'avons gonflé; il mesurait alors 12^{mm} de long sur 4^{mm} de large. Les deux caisses du tympan étaient déjà en communication l'une avec l'autre, le *siphonium* existait, mais la perforation de la mâchoire inférieure n'était pas encore établie. Nous aurions voulu disséquer une série d'embryons de divers âges pour étudier le développement de la pneumaticité, mais nous n'avons pu réussir à nous les procurer.

Le Tantale Ibis (1) possède un sac cervico-céphalique, *Scs*, moins développé que celui de *Ciconia alba*, mais présentant les mêmes communications.

Ainsi, les Echassiers nous présentent comme les ordres précédents, des types à pneumaticité cervico-céphalique rudimentaire, d'autres à pneumaticité plus développée, et quelques-uns, comme la Cigogne, le Tantale, le Marabou et le Jabiru, qui sont remarquablement aérifères. Nous regrettons de n'avoir pu étudier ces deux derniers types.

COUREURS

Parmi les Coureurs, nous avons pu observer :

Dromaius Novæ Hollandiæ (2) (Emeu ou Casoar de la Nouvelle-Hollande) ;

(1) Planche XI, fig 3; (2) Cat. d'Anat. comp., 1887 — 374.

Casuarius galeatus (1) (Casoar à casque);

Struthio Camelus (Australie) (2).

Chez *Dromaius Novæ-Hollandiæ*, l'injection du sac a été pratiquée par un orifice fait à la paroi externe de la fosse pré-orbitaire, au-dessous du globe oculaire. Elle a rempli un sac orbitaire spacieux et son diverticule inter-mandibulaire très développé en forme de pyramide triangulaire. Le sac orbitaire s'insère au bord externe de l'os lacrymal, au bord du frontal jusqu'au voisinage de son articulation avec l'ethmoïdal transversal et se fixe sur cet os. Puis elle s'étend horizontalement se fixant à la cloison inter-orbitaire à l'union des deux tiers supérieurs avec le tiers inférieur, gagne le tympanique et le quadrato-jugal. Un repli de la membrane du sac s'étend verticalement de la face supérieure à l'inférieure au-dessous du globe oculaire et partage le sinus en deux loges très inégales, incomplètement séparées, l'une antérieure, l'autre postérieure, celle-ci de beaucoup plus petite que l'autre. Le sac orbitaire d'un côté est complètement indépendant de l'autre, ainsi que nous l'avons observé sur plusieurs individus, et il en est de même chez *Struthio Camelus* et chez *Casuarius Emeu*.

Il communique en avant par un orifice ovalaire dont le grand axe a 6^{mm} avec une fosse préorbitaire très développée. Elle est pyramidale triangulaire, sa base s'appuie sur la voûte palatine.

Le crâne est pneumatique seulement dans la région antérieure (ethmoïde, frontal) et dans sa portion basilaire. La caisse du tympan présente sur sa paroi externe seize orifices pneumatiques, la plupart du calibre d'une moyenne tête d'épingle, quelques autres sont plus considérables. En haut de la paroi interne se trouve l'orifice aérifère du mastoïdien, et trois millimètres en avant, celui du carré. Au milieu de la caisse, au-dessous des précédents, dont il est séparé par un bourrelet osseux qui la traverse de droite à gauche, se trouve l'orifice principal du sus-occipital, environné de plusieurs autres plus petits. Enfin, le basi-occipital communique avec la cavité tympanique par un large orifice inférieur placé en dedans de celui de la trompe d'Eustache et accompagné de plusieurs autres plus petits.

Chez *Casuarius galeatus*, le volume et la disposition du sac orbitaire est à peu près semblable, la fosse pré-orbitaire très développée, la pneumatité des os à peu près égale.

Outre la fosse pré-orbitaire inférieure, il en existe une autre à la

(1) 1884-103; (2) 1888-234.

partie supérieure interne de l'orbite, elle est prismatique triangulaire, formée par l'ethmoïde, le frontal et le lacrymal.

Nous avons cherché la communication entre ces cavités et les cellules du casque. Il est probable que cet organe est pneumatiqué par leur intermédiaire comme nous l'avons vu chez *Numida meleagris* et chez *Bernicla magellanica*. Toutefois, soit que nous n'ayons pas réussi à donner une pression suffisante, soit que les orifices fussent trop petits, nous n'avons pas réussi à injecter le casque.

Struthio Camelus ne présente pas de différence notable avec les espèces précitées. Elle possède comme les Oiseaux précédents, un sac orbitaire spacieux, sans communication postérieure avec celui du côté opposé et sans diverticules inter-musculaires.

Ainsi, parmi les Coureurs, la pneumatiquité de la région céphalique est peu développée, celle de la région cervicale ne dépend pas du système céphalique et paraît nulle au moins dans la région supérieure.

PALMIPÈDES

Parmi les Palmipèdes, nos recherches ont spécialement porté sur les espèces suivantes :

- Alca torda* (1) (Pingouin Macroptère) ;
- Mormon arcticus* (2) (Macareux moine) ;
- Podiceps cristatus* (3) (Grèbe) ;
- Uria troile* (Guillemot) ;
- Larus canus* (4) (Mouette aux pieds bleus) ;
- Larus ridibundus* (Mouette rieuse) ;
- Larus argentatus* (Goeland argenté) ;
- Cygnus atratus* (5) (Cygne noir) ;
- Anser cinereus*, var. *domestica* (Oie domestique) ;
- Bernicla magellanica* (6) (Oie de Magellan) ;
- Bernicla dispar* (7) (Bernache à tête grise) ;
- Phœnicopterus ignipalliatu*s (8) (Flamant couleur de feu) ;
- Phalacrocorax carbo* (Cormoran) ;
- Pelecanus onocrotalus* (9) (Pélican blanc) ;
- Sula Bassana* (10) (Fou de Bassan) ;
- Diomedea fuliginosa* (11) (Albatros fuligineux).

(1) Catal. d'Anat. Comp., 1888-340 ; (2) 1888-339 ; (3) 1888-341 ; (4) 1889-66 ; (5) 1888-612 ; (6) 1889-104 ; (7) 1889-51 ; (8) 1888-71 ; (9) 1889-63 ; (10) 1889-73 ; (11) 1883-1063.

Nous avons injecté par une narine *Mormon arcticus*, *Alca torda* et *Uria Troile* et nous n'avons pas trouvé de sac cervico-céphalique chez ces Oiseaux. Le premier présente un sinus orbitaire très peu développé, communiquant avec une fosse pré-orbitaire de dimensions très réduites. La pneumatité des os est peu considérable, même dans la région otique. *Alca torda* présente des os encore plus compacts, une fosse pré-orbitaire plus réduite; et chez *Uria Troile* la fosse pré-orbitaire est nulle. Chez ces Oiseaux, il n'y a pas de communication entre le sinus oculaire d'un côté et celui du côté opposé.

La pneumatité n'est pas plus considérable dans la région cervico-céphalique chez *Podiceps cristatus* que chez les espèces précédentes; bien que les cellules aériennes dépendant du système pulmonaire soient très développées chez cet Oiseau.

Anas boschas et *Anas casarca* ont un sac orbitaire plus développé et une chambre pré-orbitaire spacieuse, mais les os du crâne sont encore peu pneumatiques.

Le développement de la fosse pré-orbitaire est plus considérable encore chez *Anser cinereus*; en outre, chez cet Oiseau, le sac orbitaire s'étend dans la fosse temporale sous le muscle du même nom jusqu'au trou ovale. Chez un autre *Anser* d'espèce indéterminée, il s'étend même au-delà du muscle temporal, jusqu'au méat auditif. Il en est de même chez *Bernicla magellanica* et *B. poliocephala*.

Bernicla magellanica présente un vaste sinus pneumatique ethmoïdo-frontal qui communique par un large orifice avec la cellule orbitaire.

Chez *Phænicopterus ignipalliat*, le sinus oculaire très développé communique avec une fosse pré-orbitaire très spacieuse et s'étend en arrière dans la fosse temporale, en dehors de laquelle il fait hernie; mais il ne dépasse pas le trou ovale.

Cygnus atratus présente un sac orbitaire et une fosse pré-orbitaire considérablement développés. Le sac s'étend en arrière jusqu'au ptérygoïdien et il entre en communication avec la cellule du côté opposé par un orifice situé en avant de l'articulation du ptérygoïdien avec le parasphénoïde.

La pneumatité du crâne est plus considérable que chez les Oiseaux précédemment étudiés, surtout dans la région frontale; l'injection y a pénétré par l'ethmoïde: les orifices de communication avec la cellule orbitaire sont larges et nombreux.

Larus argentatus est le premier Palmipède qui nous présente un rudiment du sac cervico-céphalique.

La cellule orbitaire très développée s'étend au-dessous du muscle abaisseur de la paupière inférieure, s'insérant à l'os carré, au ptérygoïdien au palatin, à l'ethmoïde, à la mâchoire supérieure et à la mâchoire inférieure. Entre les deux mandibules, il forme un large diverticule prismatique triangulaire limité en dehors par la peau, en dedans par la muqueuse buccale (*diverticule inter-mandibulaire*).

En avant le sac orbitaire communique avec une fosse pré-orbitaire très spacieuse.

En arrière il fournit deux diverticules tubuleux qui, passant sur le ptérygoïdien, s'écartent ensuite l'un de l'autre comme les branches d'une fourche : L'un externe, se porte vers l'os carré qu'il recouvre en avant (*diverticule tympanique ou quadrato-jugal*) ; l'autre interne, se porte sur le basi-sphénoïde et se termine à quelques millimètres en arrière de l'orifice antérieure de la trompe d'Eustache ; mais il n'atteint pas la ligne médiane. C'est ce diverticule que nous considérons comme le rudiment du sac cervico-céphalique.

Nous avons rencontré la même disposition chez *Larus ridibundus* et chez *L. canus* ; toutefois chez ce dernier, le diverticule externe s'étend même au-delà de l'os carré, en arrière du trou occipital pour s'unir au diverticule opposé ; tandis que l'interne gagnant la ligne médiane, en avant du condyle, s'unit également avec celui du côté opposé. Il résulte de cette disposition la formation d'un véritable collier pneumatique péri-occipital ou péri-condylien.

Phalacrocorax carbo possède un sinus oculaire de dimensions médiocres et une fosse pré-orbitaire très réduite ; mais le sac oculaire se prolonge au-dessus et en arrière du ptérygoïdien jusqu'au-delà de l'articulation de la mâchoire inférieure sous l'insertion crânienne du muscle digastrique. Il ne présente pas de collier péri-condylien, pas de diverticules.

Nous avons pratiqué aussi chez cet Oiseau l'injection générale du système pneumatique pulmonaire dont le développement n'est pas plus considérable que chez la plupart des Oiseaux de son ordre ; il offre seulement un diverticule du sac cervical qui, remontant au-dessus de l'épaule s'étend en arrière le long de l'omoplate entre cet os et la cage thoracique. Ce diverticule scapulaire est de forme conique, et très allongé. Il envoie un petit prolongement de 15 à 20^{mm} qui recouvre la tête de l'humérus. Ce diverticule scapulaire correspond à celui que nous avons trouvé chez certains Psittacidés, chez lesquels il dépendait non du système pulmonaire, mais du

système cervico-céphalique et son prolongement huméral est un rudiment de sac alaire.

Diomedea fuliginosa (1) possède un sac oculaire, *So*, et une fosse préorbitaire de grande dimension, *Fpo*, qui se continuent en arrière avec une cellule cervico-céphalique, *Sec*. La communication se fait par une large fente située au-dessus du ptérygoïdien, parallèle à cet os et presque aussi longue.

Le sac cervico-céphalique a la forme d'un cône; son sommet est dirigé en bas et en arrière. Il s'étend latéralement le long du cou sur une longueur de 75^{mm} à partir de l'articulation de la mâchoire, et son diamètre à la base est de 25^{mm}.

Dans toute sa longueur il est en rapport avec l'œsophage. L'os hyoïde, *H*, et les muscles hyoïdiens le croisent obliquement et y tracent un sillon, un étranglement qui divise la cellule en deux parties, l'une sus-hyoïdienne, l'autre sous-hyoïdienne.

Dans ses deux tiers inférieurs, le sac se porte en arrière et se rapproche de celui du côté opposé, auquel il s'accole sur la ligne médiane mais sans communiquer avec lui.

Il ne présente ni diverticules inter-musculaires, ni collier péri-condylien. Bien que sa surface soit sillonnée de plusieurs étranglements, ceux-ci ne correspondent pas à des cloisons internes. Le sac cervico-céphalique de *Diomedea fuliginosa* est donc simple et surtout remarquable par sa dimension.

Sula Bassana (2) possède un système de cellules cervico-céphaliques de dimensions considérables, *Sec*, qui s'étend de la fourchette à la crête occipitale et fournit de nombreux diverticules sous-cutanés et inter-musculaires occupant les diverses régions céphaliques et pneumatissant les os de la tête qui sont très aérifères.

Nous décrirons d'abord la portion céphalique, puis la portion cervicale du système.

La portion céphalique peut se diviser en trois régions :

1^o Région post-orbitaire;

2^o Région orbitaire ;

3^o Région pré-orbitaire.

La première occupe la fosse temporale; elle est recouverte par les muscles temporal et masseter qui sont bien distincts chez cet Oiseau; le plexus temporal s'étale à sa surface; elle s'étend jusqu'au sommet du crâne et donne un diverticule qui se réfléchit sur le masséter dont il couvre la partie supérieure.

(1) Planche XII, fig. 1.

(2) Planche XIII, fig. 1 et 2.

Ce diverticule a la forme d'un bissac dont une des poches recouvre le masséter, tandis que l'autre longe le bord postérieur du muscle ; la portion rétrécie qui les unit, passe sur le muscle qu'elle croise perpendiculairement à sa direction.

De la région post-orbitaire naît un diverticule beaucoup plus petit, ayant la forme d'un petit sac rectangulaire qui s'applique contre la face interne du quadrato-jugal auquel il adhère. Il s'ouvre en arrière de l'os carré dans la portion cervicale de la cellule qu'il met ainsi en rapport avec la portion céphalique.

Ainsi la région post-orbitaire du sac se compose de trois parties, disposées sur trois plans parallèles :

1° La cellule profonde ou temporale ;

2° Le diverticule massétérien ;

3° Le diverticule quadrato-jugal.

Les dimensions de la cellule temporale sont. 28mm sur 19mm

Celles du diverticule massétérien 22mm sur 20mm

Celles du diverticule quadrato-jugal 15mm sur 12mm

La région orbitaire du sac cervico-céphalique est en communication avec la portion post-orbitaire par un orifice qui s'ouvre dans le diverticule massétérien. Elle occupe l'orbite inférieurement, et latéralement en avant et en arrière. Postérieurement elle est en rapport avec le diverticule post-orbitaire moyen et l'os frontal ; profondément avec la cloison inter-orbitaire ; inférieurement, elle s'applique sur le sac orbitaire du côté opposé et les parois des deux sacs forment en partie, par leur union, la cloison séparant les deux orbites ; la lame membraneuse ainsi constituée s'étend verticalement entre le para sphénoïde et le palatin, au niveau duquel la paroi de chaque sac se sépare de celle de l'autre, tapisse le plancher orbitaire, du palatin au quadrato-jugal, puis s'applique à la face profonde du muscle abaisseur de la paupière inférieure, sur lequel elle se réfléchit.

Antérieurement, le sac orbitaire est en rapport avec le frontal, le lacrymal, l'ethmoïde, et avec la fosse pré-orbitaire par un orifice situé en bas entre le lacrymal et la lame transversale de l'ethmoïde.

Les dimensions du sac orbitaire sont 30^{mm} de long sur 27^{mm} de large et 28^{mm} de haut.

Dans sa partie profonde, il est cloisonné par une membrane qui s'étend obliquement de haut en bas, de dedans en dehors de la paroi supérieure à l'inférieure ; cette lame ne s'étend pas jusqu'au quadrato-jugal, de sorte que la partie postérieure et la partie antérieure du sac communiquent largement ensemble.

La pneumatïcité s'étend en avant de l'orbite dans la fosse pré-

orbitaire qui est peu développée mais dans laquelle s'ouvrent les orifices pneumatiques du bec qui est très aérifère.

La portion cervicale de la cellule cervico-céphalique, *Sc*, s'étend de la base du crâne à la fourchette sur une longueur de 180^{mm}; en arrière, elle remonte jusqu'à la crête occipitale supérieure, elle a la forme d'un cône tronqué dont la base la plus large correspondant à l'espace interfurculaire à 50^{mm} de diamètre quand la cellule est à son maximum de dilatation.

Par sa face interne, elle est en rapport dans toute sa longueur avec l'œsophage; et dans son quart inférieur seulement, avec la trachée. Latéralement, elle est en rapport avec les muscles superficiels de la région cervicale qu'elle recouvre presque entièrement, excepté dans son tiers supérieur. En arrière, les cellules des deux côtés se rapprochent et s'accolent dans leur tiers inférieur, mais sans se mettre en communication. Par leur face inférieure, les cellules sont en rapport en arrière avec une cellule sous-cutanée postérieure, *Scip*, impaire, très volumineuse avec laquelle elles n'ont aucune communication, ainsi que nous avons pu nous en assurer en injectant plusieurs individus, les uns par le système pneumatique pulmonaire, les autres par le système cervico-céphalique. La face inférieure du sac cervico-céphalique est en rapport latéralement avec les sacs cervicaux, *Sc*, décrits par Sappey chez le Cygne et communs à tous les Oiseaux; en avant, elle est en rapport avec les mêmes sacs et avec l'interclaviculaire, *Scl*, qui est plus superficiel et qu'il faut écarter pour voir les cervico-céphaliques et les cervicaux. Enfin, par sa face externe, la cellule cervico-céphalique est en rapport avec la peau; elle en est toutefois séparée sur quelques points par des faisceaux du peaucier, les uns s'étendent verticalement sur toute la longueur du sac, les autres s'étendent obliquement de la cellule de droite à celle de gauche et réciproquement, en passant au-devant de la trachée. La jugulaire et le pneumo-gastrique s'accolent à la paroi du sac qu'ils traversent vers son sommet pour pénétrer dans le crâne.

La cellule est fixée à la peau par des lames membraneuses qui soutiennent les nerfs et les vaisseaux cutanés.

De la paroi cellulaire, sur la ligne tracée par le pneumo-gastrique naît une cloison qui s'étend longitudinalement à l'intérieur et divise le sac en deux régions, l'une antérieure, l'autre postérieure.

Vers le milieu de la région cervicale, cette cloison présente une solution de continuité et elle n'atteint pas non plus jusqu'à la région céphalique, de sorte que la portion antérieure et la portion

postérieure communiquent assez largement entre elles en haut et vers le milieu de la cellule.

Le sac cervico-céphalique donne un diverticule inter-musculaire qui pénètre entre les muscles superficiels et les muscles profonds de la région cervicale supérieure ; il a à peu près la forme d'un croissant dont la concavité regarde en bas ; sa corne supérieure atteint presque la ligne médiane postérieure. Ce diverticule primaire en donne un secondaire qui pénètre sous les plans musculaires profonds, remonte jusqu'à la protubérance cérébelleuse à laquelle il se fixe ; et, s'unissant au diverticule du côté opposé avec lequel il communique au niveau du trou occipital, forme ainsi un collier péri-condylien.

L'injection complète du système cervico-céphalique de *Sula Bassana* est assez difficile à obtenir en raison du volume considérable des cellules et de leurs nombreux diverticules. Malgré tout le soin que nous avons apporté à chasser l'air, nous n'avons pas réussi à les remplir complètement chez les premiers individus que nous avons eu l'occasion d'injecter ; et, ayant constaté au contact de ces cellules insuffisamment distendues, la présence d'autres cellules très volumineuses (en avant : cervicales et interclaviculaires ; en arrière : grande cellule cutanée postérieure), nous nous demandions si les deux systèmes ne communiquaient pas ensemble comme chez *Buceros Rhinoceros*, décrit par M. A. Milne-Edwards, ou bien si le système cervico-céphalique ne s'étendait pas jusque dans le membre supérieur comme nous avons pu l'observer chez *Cathartes atratus*.

Dans le but d'éclaircir ce point, nous avons pratiqué sur un individu, d'une part, à la gélatine colorée par le bleu de Prusse, l'injection du système pulmo-trachéen ; et, d'autre part, à la gélatine colorée par le chromate de plomb, celle du système cervico-céphalique que nous avons réussi à rendre complète.

Voici ce que la dissection nous a montré ensuite :

Les deux systèmes aérifères sont complètement distincts.

Le sac cervico-céphalique, très nettement limité, atteint jusqu'à la fourchette. Dans sa partie inféro-antérieure, il est recouvert par les sacs cervicaux décrits par Sappey chez le Cygne ; mais qui sont beaucoup plus développés chez *Sula Bassana*, car ils s'étendent latéralement dans la moitié inférieure du cou, recouvrant l'extrémité inférieure des sacs cervico-céphaliques ; puis se portant en dehors de ces derniers. L'espace interfurculaire est occupé par le sac interclaviculaire qui recouvre en partie les cervicaux.

Les sacs cervicaux (1) communiquent avec une vaste *cellule sous-cutanée*, *Sca*, qui occupe toute la partie antérieure du tronc de l'Oiseau et s'insère à la crête du bréchet. Elle est cloisonnée par des lames membraneuses dont les plans sont perpendiculaires à cette crête et qui divisent la cellule en alvéoles d'inégale grandeur.

La cloison supérieure est incomplète et laisse un espace libre entre la peau, le muscle pectoral et la clavicule. Par cette ouverture, la *cellule sous-cutanée antérieure*, *Sca*, communique avec une *cellule sous-cutanée postérieure* que nous allons décrire.

La cellule sous-cutanée antérieure donne un grand diverticule sous-pectoral, *dp*, qui s'applique sur le bréchet et que recouvrent les muscles pectoraux.

La cellule sous-cutanée postérieure de l'épaule de l'Oiseau s'étend sous la peau le long des flancs, s'insinue sous le grand dorsal, *dm*, et donne un diverticule qui pénètre sous les muscles sacro-fémoraux et fessiers, *dm'*, *dm''*; et enfin un diverticule coccygien, *dup*, que traversent les pennes rectrices et qui est recouvert par les muscles moteurs de ces plumes et par la glande uropygienne.

La cellule postérieure envoie, d'autre part, dans le membre supérieur un prolongement, *Sa*, qui s'étend dans la membrane alaire, suit le bord cubital de l'avant-bras et se divise entre les doigts. Les remiges cubitales le traversent comme chez *Buceros* et *Cathartes atratus*. Enfin le membre postérieur est enveloppé en partie par un prolongement de la portion du sac qui occupe les flancs et qui envoie des diverticules inter-musculaires dans la jambe, *sf*.

Indépendamment des deux grandes cellules que nous venons de décrire, il existe dans la région dorsale supérieure, immédiatement au-dessous des sacs cervico-céphaliques entre lesquels elle s'insinue une cellule sous cutanée, *Scip*, impaire, globuleuse, très renflée, dont on peut voir l'analogue chez *Leptoptilus crumiferus* (Marabou). Cette cellule ne présente pas de communication apparente avec l'un ni l'autre des deux systèmes pneumatiques, car dans aucune de nos préparations elle n'a été injectée. Elle est couverte d'un large faisceau musculaire du peaucier qui s'étend d'une épaule à l'autre et dont l'action a évidemment pour but de la comprimer. Nous avons injecté directement cette cellule et nous avons pu constater que, par des orifices très petits, elle communique avec les petites cellules inter-vertébrales dépendant du système pulmonaire.

La peau qui recouvre le membre supérieur et le faisceau du peaucier que nous venons d'indiquer en est séparé par un tissu

(1) Planche XIII, fig. 2.

cellulaire qui était injecté. Ce sont les seuls points où ce fait se soit produit chez *Sula Bassana* ; nous allons trouver chez *Pelecanus onocrotalus* la généralisation de cette communication du tissu cellulaire sous-cutané avec le système aérifère.

La pneumatité des os de la tête est considérable chez *Sula Bassana*, surtout dans la région du bec et dans la région otique, et les orifices de communication avec les cellules aériennes cervico-céphaliques sont très larges, à tel point qu'on peut injecter tout le système par la caisse du tympan, ainsi que nous l'avons pratiqué chez un individu. L'injection a pénétré dans les cellules par les nombreux et volumineux orifices des fossettes latérales qui sont en rapport avec la caisse.

Pelecanus onocrotalus (1) peut être cité parmi les Oiseaux les plus pneumatiques ; non seulement par le développement de ses cellules, mais parce que la pneumatité s'étend à tout le tissu cellulaire sous-cutané, de sorte que si on presse l'Oiseau on perçoit une crépitation due à la présence d'une masse d'air considérable emprisonnée dans les mailles de ce tissu.

Les sacs cervico-céphaliques, *Scs*, existent chez cet Oiseau ; mais on ne les voit pas tout d'abord, parce que l'injection, poussée par la fente sphéno-palatine, remplit le tissu cellulaire sous-cutané dont les aréoles simulent un sac racémeux très épais qui s'étend à toute la région cervicale et se continue même plus loin ; toutefois, si on dissèque avec précaution cette masse de tissu cellulaire on met à découvert des sacs cervico-céphaliques nettement délimités.

Ces sacs sont loin d'atteindre le volume qu'ils ont chez *Sula Bassana* ; ils s'étendent latéralement le long de la région cervicale supérieure jusqu'à la quatrième vertèbre et s'insèrent sur la crête occipitale.

Ils fournissent plusieurs diverticules : le premier remonte en arrière de l'articulation de la mâchoire inférieure, émet un prolongement qui, passant au-dessous du méat auditif, s'applique sur la mâchoire inférieure, fournit un petit cul-de-sac qui remplit la fossette de l'os carré et s'ouvre dans le sac orbitaire, *So* ; c'est un diverticule *quadrato-jugal* très développé.

En arrière et en dedans du précédent, le sac cervico-céphalique fournit un second diverticule plus important qui s'étend sur la région post-occipitale qu'il recouvre complètement et forme autour du trou occipital, par son union avec le diverticule du sac opposé, un collier qui établit une communication postérieure entre les

(1) Planche XII, fig. 2.

sacs cervico-céphaliques. Ce diverticule, *ppo*, est appliqué contre l'occipital, et pour le voir, il faut disséquer les muscles cervicaux.

Enfin, de la partie moyenne du sac naît un troisième diverticule tubuleux, *ov*, très court, qui pénètre dans les sacs vertébraux entre l'atlas et l'axis, et c'est par ce dernier que le système céphalique communique avec le système pulmonaire. Les Aras, l'Urubu, le Fou ne présentent pas cette communication.

En haut, le sac cervico-céphalique passe sur le ptérygoïdien et communique par un large orifice avec le sac orbitaire.

Celui-ci est très complexe et très développé : il comprend une région orbitaire et une région pré-orbitaire. La première est divisée en deux parties, l'une antérieure, l'autre postérieure, par une cloison membraneuse perpendiculaire à la cloison inter-orbitaire qui s'étend du muscle abaisseur de la paupière inférieure aux muscles ptérygoïdiens. Une autre cloison verticale se détache du bord externe de la précédente et s'étend d'avant en arrière perpendiculairement à elle ; passant sur le muscle temporal et se prolongeant jusqu'au-dessus de la fosse temporale, elle subdivise la partie postérieure de la région orbitaire en deux autres, l'une profonde, l'autre superficielle ; c'est dans la loge profonde que se trouve l'orifice ptérygoïdien du sac cervico-céphalique, et dans la loge superficielle que s'ouvre la communication avec le diverticule quadrato-jugal. La partie postérieure superficielle forme un diverticule, *dt*, qui recouvre inférieurement le muscle temporal et s'étend latéralement vers le haut jusqu'à son insertion crânienne.

Arrivé à l'apophyse orbitaire externe où il s'insère, ce diverticule envoie un prolongement en cul-de-sac, *dcc*, qui contourne le bord supérieur de l'orbite, formant une sorte de bourrelet appliqué sur le globe oculaire jusqu'au milieu du bord orbitaire où une bride de tissu conjonctif, suspend ce globe. De la partie antérieure de la cellule naît un autre cul-de-sac qui remonte d'avant en arrière le long du bord orbitaire et vient rencontrer la même bride conjonctive. Ces culs-de-sacs qui recouvrent l'hémisphère supérieur de l'œil sont en rapport, le postérieur avec la glande lacrymale et le plexus temporal, l'antérieur avec la glande nasale.

La fosse pré-orbitaire, *fpo*, est très développée.

Les orifices pneumatiques des os de la tête sont très larges, et l'injection avait pénétré dans la plupart des os (frontal, lacrymal, palatin, carré, basi-occipital, basi-sphénoïde, maxillaire inférieur, etc.).

En résumé, le système pneumatique cervico-céphalique est

développé chez beaucoup de palmipèdes, et il atteint chez plusieurs un développement exceptionnel. il en est ainsi parmi les bons voiliers (Fou, Pélican, Albatros) ; tandis que ceux qui volent mal ou sont dépourvus de la faculté du vol ce système pneumatique est presque nul (Macareux, Pingouin, etc.).

RÔLE DES SACS AÉRIENS CERVICO-CÉPHALIQUES

Les sacs cervico-céphaliques s'emplissent d'air pendant l'expiration : La glotte s'applique sans doute sur la fente sphéno-palatine et ils se gonflent d'air expiré.

Chez les Oiseaux nageurs, cet air doit contribuer à alléger le poids du corps et à le rendre insubmersible, il en est ainsi chez *Sula*, *Pelecanus*, *Albatros*, qui peuvent même dormir sur l'eau, ballotés par une mer houleuse.

Ces réservoirs sous-cutanés peuvent servir à conserver la chaleur du corps de l'Oiseau, en raison de leur faible conductibilité. Ce rôle peut être utile, surtout chez les espèces de haut vol, comme *Cathartes atratus*, *Diomedea fuliginosa* ; ceux dont le plumage n'est pas très fourni en duvet, tels que les Bucérotidés et *Leptoptilus crumiferus* y trouvent une ressource pour empêcher la déperdition de chaleur.

En effet, par un temps froid, nous avons examiné les Marabous du Muséum ; ils présentaient alors un gonflement des cellules impaires sous-cutanées antérieure et postérieure qui, chez cet animal, sont nettement visibles, en raison de l'absence des plumes dans la région cervico-céphalique.

Si, par suite des divers mouvements qu'ils faisaient, ces cellules se vidaient ; ils ne tardaient pas à les remplir et rentrant leur tête en leurs épaules, ils l'appuyaient sur la cellule cervicale antérieure comme sur un coussin élastique.

Il n'en est pas de même quand il fait chaud. Par un jour de grande chaleur, l'un des deux Marabous était couché, le corps ramassé, la tête rentrée entre les épaules, appuyée tout de son long sur le sol, les yeux ouverts, les sacs déprimés. Il resta ainsi près d'une demi-heure, puis se leva, étendit ses ailes, en battit et fit quelques pas en étendant le cou, sans doute pour renouveler plus complètement l'air du système général. Mais les cellules sous-cutanées ne se gonflèrent pas.

L'autre Oiseau était debout, immobile sur une patte ; le sac sous-cutané postérieur à peine saillant, l'antérieur flasque, pendant, divisé en deux poches. De temps en temps, il allongeait le cou, et de l'extrémité de son bec lissait les plumes du haut de la poitrine et du dos ; ou bien baissant la tête ramassait à terre quelque brin de paille. Au bout de quelque temps il agita ses ailes comme pour s'en éventer ; mais aucun de ces mouvements ne fit varier le volume ni la forme des cellules. Un visiteur lui lança du pain qu'il saisit à diverses reprises, un autre l'agaça de sa canne, l'Oiseau, d'un mouvement rapide et irrité chercha à s'en emparer. Les dimensions des cellules restèrent les mêmes. Il est donc probable que l'Oiseau les gonfle à volonté, surtout quand il fait froid ou quand il veut y reposer sa tête pour dormir.

Les Psittacidés pourvus de sacs cervico-céphaliques paraissent aussi les gonfler davantage pendant l'hiver ; leur cou est alors plus volumineux, le corps plus trapu. Les grands voiliers (Albatros), qui passent brusquement de la zone torride à la zone glaciale ou qui changent rapidement d'altitude (Condor, Urubu) sont protégés par leur revêtement aérifère contre les changements subits de température.

Il est probable que ce système de cellules donne de l'intensité à la voix. Sans doute les Aras lui doivent en partie les sons criards et assourdissants qu'ils peuvent produire.

Nous avons observé les sacs chez les deux sexes et chez plusieurs espèces (Cigognes, Psittacidés, Pigeons, Oies, Autruches, etc.) et nous n'avons pas constaté de différence de volume pouvant être attribué à la sexualité.

Enfin nous avons pensé que les cellules cervico-céphaliques pouvaient contribuer à l'érection de la crête chez les Oiseaux qui en sont pourvus.

Nous avons eu l'occasion d'examiner, presque dans chaque ordre, des Oiseaux pourvus de crête ou d'aigrette : parmi les Psittacidés, les Kakatoès ; parmi les Passereaux, la Huppe ; parmi les Gallinacés, le Paon ; parmi les Pigeons, le Goura ; parmi les Echassiers, le Vanneau, le Héron aigrette, la Grue couronnée, le Combattant ; enfin parmi les Palmipèdes, le Grèbe. Si nous nous reportons aux descriptions que nous avons données plus haut, nous voyons que la Huppe, le Paon, le Vanneau, l'Aigrette, la Grue couronnée, le Combattant, le Grèbe, ne présentent pas de sac cervico-céphalique ; certains Kakatoès seulement en possèdent de bien développés, mais qui ne s'étendent pas jusqu'au dessous de la crête ; ainsi le Kakatoès

de Leadbeater a une cellule cervico-céphalique bien développée, tandis qu'elle l'est peu chez le Kakatoès des Moluques qui possède une crête comme le premier.

Nous en avons donc conclu que la pneumaticité n'influe pas sur le mouvement de la crête.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Dans le cours de cette étude, nous avons donc rencontré, et chez tous les ordres d'Oiseaux, des types à pneumaticité cervico-céphalique très réduite, et d'autres à pneumaticité très développée ; tels sont *Cathartes atratus*, *Cacatua Leadbeateri* et *sulphurea*, *Conurus carolinensis*, *Buceros converus*, *Sula Bassana*, *Diomedea fuliginosa*, *Pelecanus onocrotalus*, *Ciconia alba*, *Tantalus ibis*.

Parmi ces derniers, les uns ont deux systèmes pneumatiques distincts, le pulmo-trachéen et le cervico-céphalique en rapport avec les fosses nasales seulement, de sorte qu'on ne peut l'injecter par la trachée, mais par les fosses nasales, la fente sphéno-palatine, ou même par la caisse du tympan si la communication est assez large (*Ciconia*, *Sula*).

Les autres, comprenant l'Urubu et les Bucérotidés, présentent les deux systèmes, mais en communication l'un avec l'autre, de sorte qu'on peut les injecter tous deux, indifféremment, soit par la trachée, soit par les fosses nasales, ou même par l'une quelconque des cellules.

La communication entre les deux système se fait, soit largement, par les sacs cervicaux de Sappey et la portion inférieure des sacs cervico-céphaliques comme chez *Buceros*, soit par l'intermédiaire des sacs vertébraux comme chez *Pelecanus onocrotalus*.

Les Bucérotidés présentent des diverticules aérifères qui s'étendent jusqu'aux extrémités des membres supérieurs et inférieurs.

Nous avons montré que *Cathartes Urubu*, en présente seulement dans le membre supérieur.

Sula Bassana en possède dans les membres inférieurs, mais ils sont en communication avec le système pulmo-trachéen seulement.

Nous avons montré que, chez les Oiseaux, le tissu cellulaire sous-cutané est souvent le siège d'une pneumaticité, soit générale (*Pelecanus*, *Buceros*), soit locale (*Cathartes*, *Sula*, *Sternænas*, *Columbus*) et que, suivant les cas, les petites cellules cutanées sont en rapport avec l'un ou l'autre système pneumatique, ou avec tous les deux. Chez *Sula Bassana*, elles sont en rapport avec le système général ;

chez *Sternanas*, *Columbus*, avec le système cervico-céphalique ; chez *Cathartes* et *Buceros* avec les deux systèmes.

Enfin, nous avons établi chez plusieurs Oiseaux (*Ciconia*, *Sula*) la communication de la caisse du tympan avec les cellules cervico-céphaliques et nous avons indiqué celle des os de la tête avec le sac orbitaire et ses dépendances.

Nous n'avons pu étudier expérimentalement le rôle du système pneumatique cervico-céphalique : il est difficile de se procurer vivants les Oiseaux qui possèdent ce système.

Nous avons néanmoins prouvé par l'injection et la dissection que la pneumaticité de la tête est sans influence sur le mécanisme de l'érection de la crête.

Nous pensons que l'intensité de la voix est accrue par la présence de l'air dans le système cervico-céphalique, et que son pouvoir isolant contribue à la conservation du calorique.

L'air qui remplit ce système peut pénétrer par l'orifice de la trompe d'Eustache, mais surtout par la fente sphéno-palatine qui doit s'appliquer sur la glotte pendant l'expiration. Les muscles peauciers, très développés chez certains Oiseaux, expriment les cellules et l'air sort par les fosses nasales après avoir circulé dans l'appareil auditif et dans les os de la tête.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche X

Fig. 1. — *Carthartes atratus*.

S. c. c. — Sac cervico-céphalique.

J. — Jabot.

Œ. — Œsophage.

d. s. — Sac claviculaire.

S. a. — Sac alaire.

d. s. — Diverticule cubital.

Fig. 2. — *Sarcoramphus papa*.

S. o. — Sac oculaire.

S. c. c. — Sac cervico-céphalique.

d. n. — Diverticule sous-cutané entourant en partie l'orifice des narines

Planche XI

Fig. 1. — *Ara Canga* : face postérieure.

Fig. 2. — id. face antérieure.

S. c. c. — Sac cervico-céphalique.

Scl. — Renflement inféro-latéral du sac cervico-céphalique.

Tr. — Trachée.

Œ. — Œsophage.

J. — Jabot.

d. p. o. — Collier péri-occipital.

d. s. — Diverticule scapulaire.

Fig. 3. — *Tantale Ibis*, (la mandibule inférieure est supprimée).

S. c. c. — Sac cervico-céphalique.

S. o. — Sac oculaire.

Fig. 4 et 5. — *Ciconia alba*.

O. c. c. — Orifice de communication du sac cervico-céphalique avec le sac orbitaire.

O. n. — Orifice de communication des deux sacs cervico-céphaliques avec les fosses nasales.

H. — Os hyoïde.

f. p. o. — Fosse pré-orbitaire.

f. sph. — Fente sphéno-palatine.

d. — diverticule impair antérieur.

d'. — diverticule impair postérieur ou vestibule.

Planche XII

Fig. 1. — *Diomedea fuliginosa*.

S. c. c. — Sac cervico-céphalique.

F. p. o. — Fosse pré-orbitaire.

S. o. — Sac oculaire.

Æ. — Œsophage.

Tr. — Trachée.

H. — Os hyoïde.

Fig. 2. — *Pelecanus onocrotalus*.

S. c. c. — Sac cervico-céphalique.

o. v. — Orifice de communication de ce sac avec les sacs vertébraux.

p. p. o. — diverticule post-occipital.

d. c. c. — diverticule circumorbitaire.

d. t. — diverticule temporal.

S. o. — Sac oculaire.

F. p. o. — Fosse pré-orbitaire.

Planche XIII

Fig. 1. — *Sula Bassana*, système pneumatique, face postérieure.

S. c. c. — Sac cervico-céphalique.

S. c. i. p. — Sac sous-cutané impair postérieur recouvert de son muscle compresseur.

S. a. — Sac alaire.

d m, d m', d m''. — Diverticules sous-musculaires.

d. u. p. — Diverticule uropygien.

Fig. 2. — *Sula Bassana*, système pneumatique, face antérieure.

S. c. c. — Sac cervico-céphalique.

S. el. — Sac claviculaire.

S. c. — Sac cervical.

S. c. a. — Cellule sous-cutanée paire antérieure avec ses cloisons.

d. p. — Diverticule pectoral.

S. f. — Sac fémoral.

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté :

Botanique. — LES CHARACÉES.

Géologie. — LE TERRAIN PÉNÉEN ; SES CARACTÈRES GÉNÉRAUX ; SA COMPOSITION ET SON EXTENSION EN EUROPE.

Vu et approuvé :
Paris, le 3 Août 1889,
Le Doyen,
E. HÉBERT.

Vu et permis d'imprimer :
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,
GRÉARD.

Fig. 1

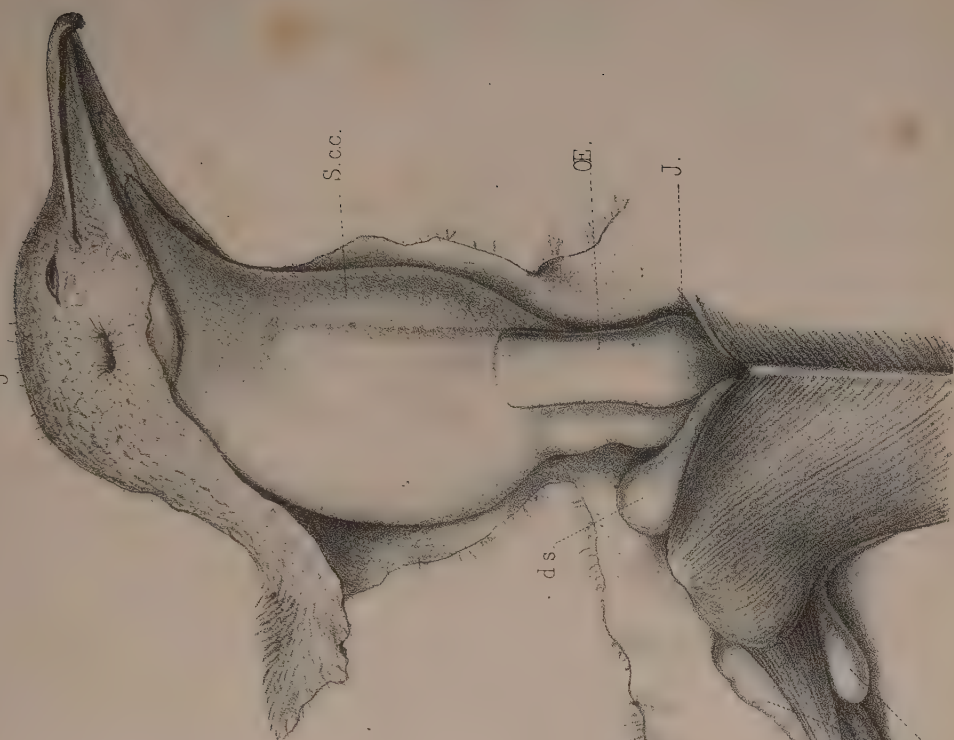


Fig. 2

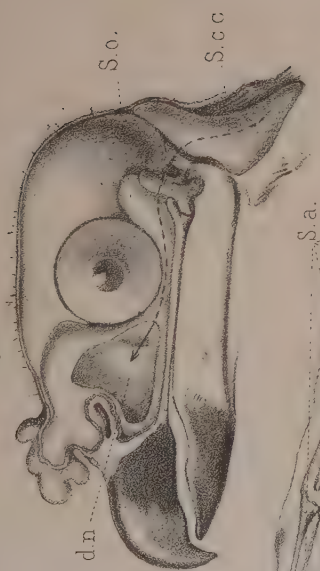


Fig. 1

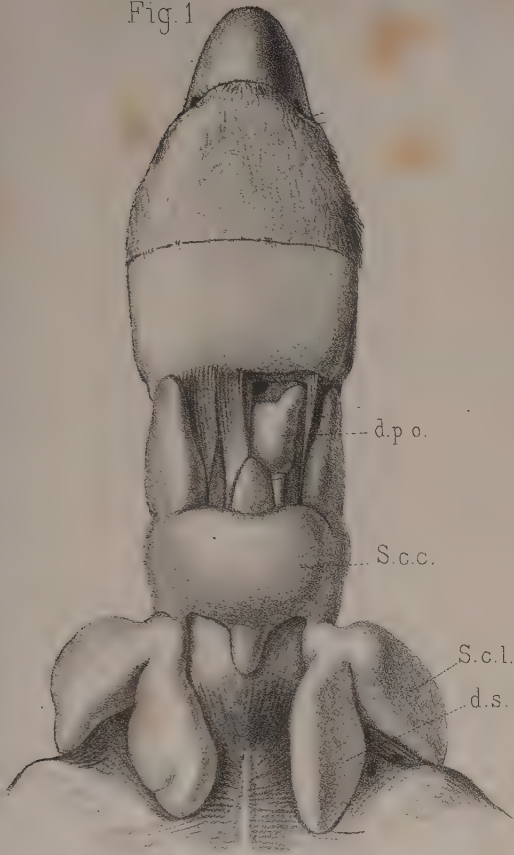


Fig. 2

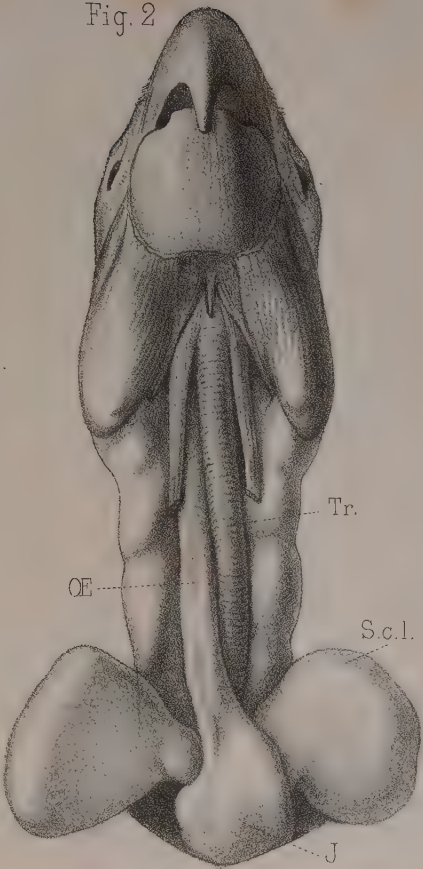


Fig. 3

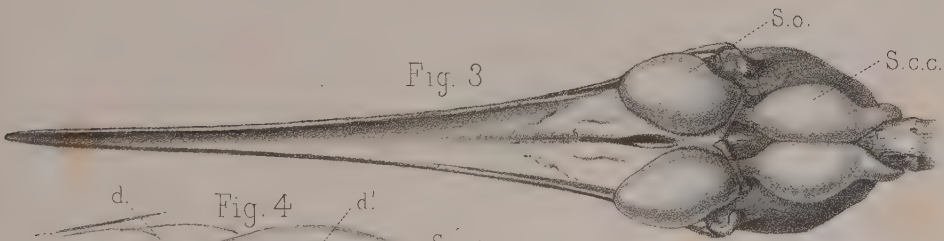


Fig. 4

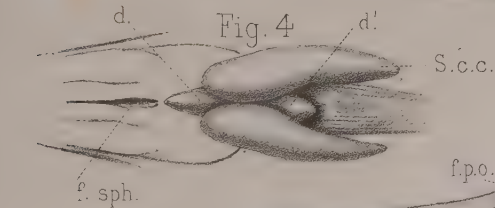


Fig. 5

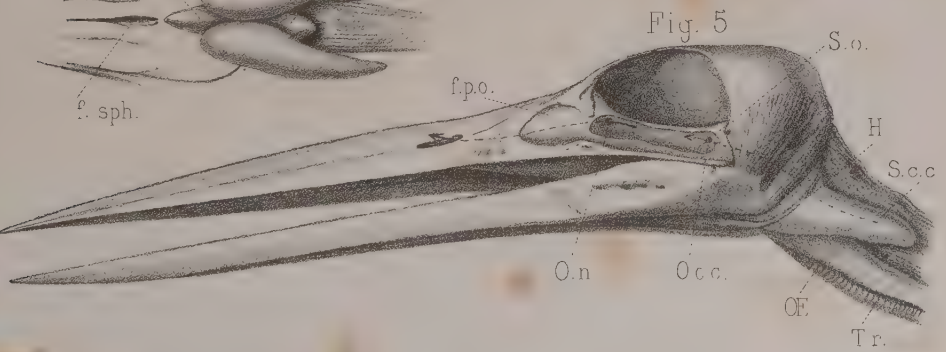


Fig. 1

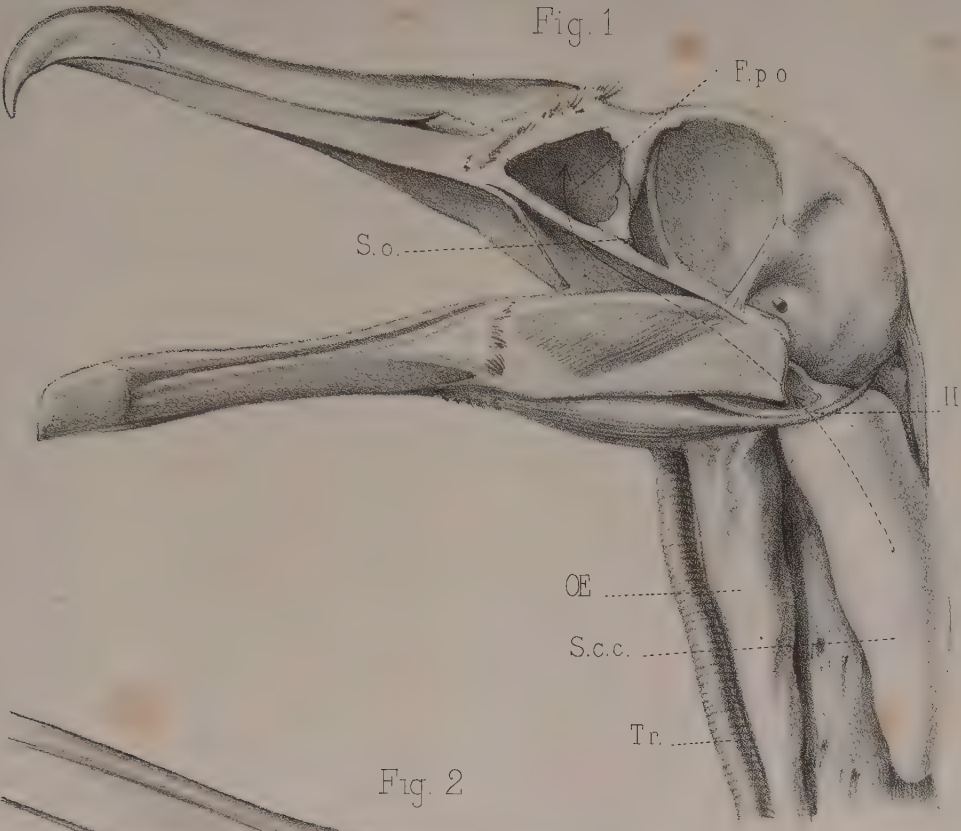


Fig. 2

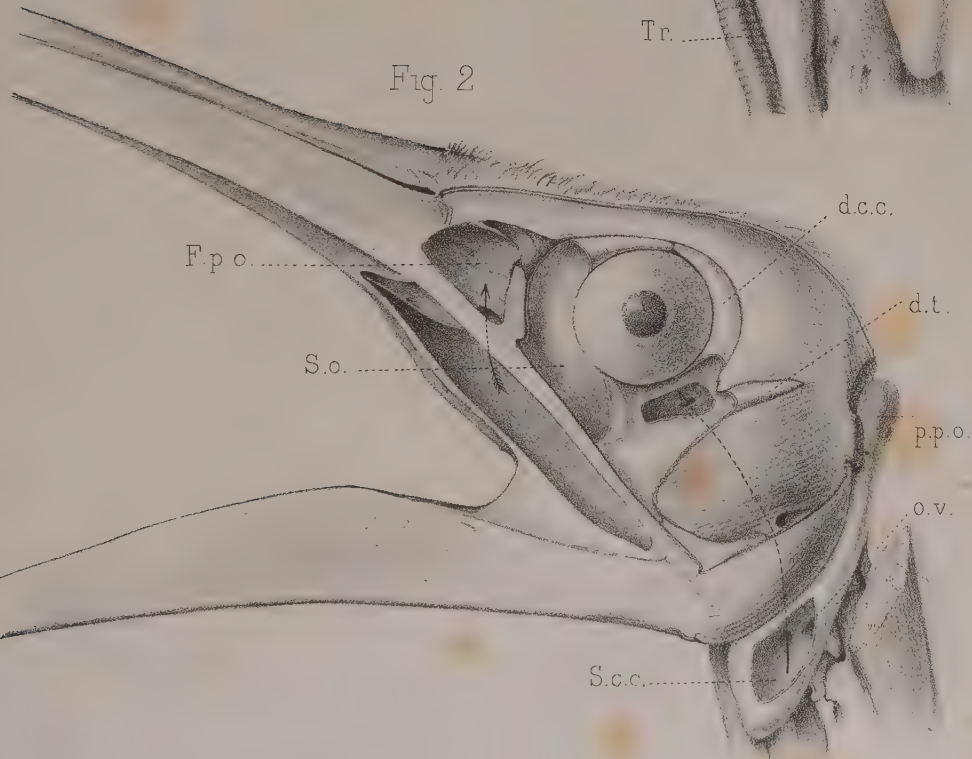


Fig. 2

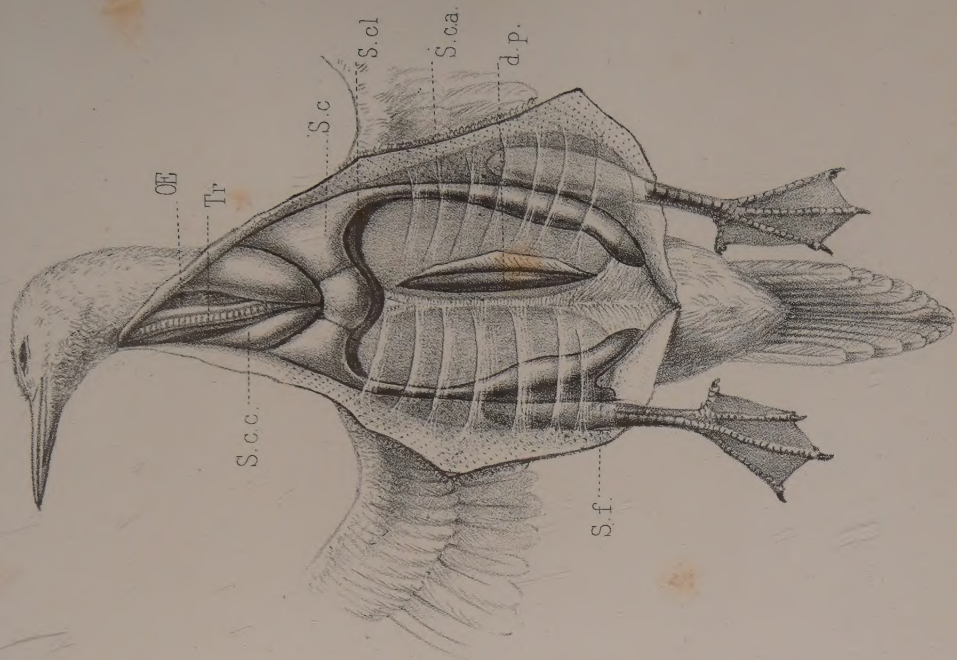


Fig. 1

